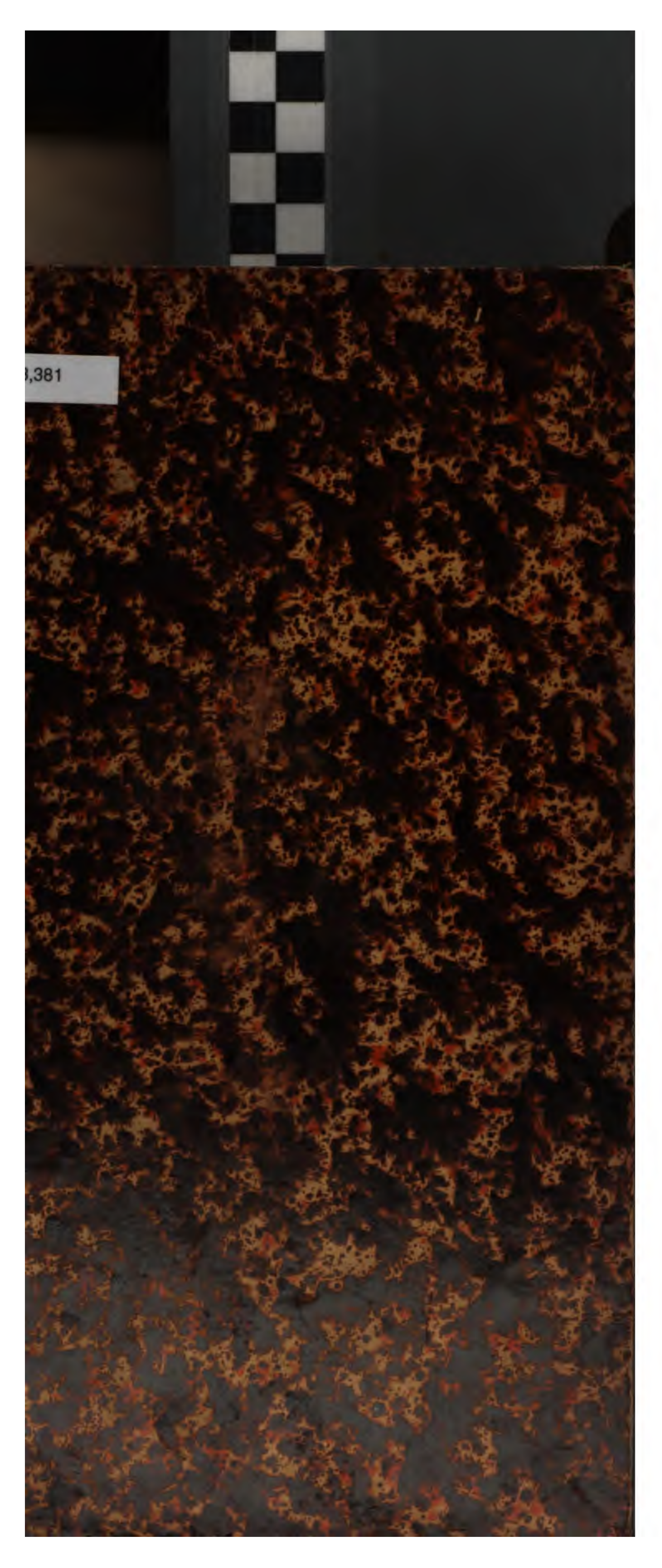
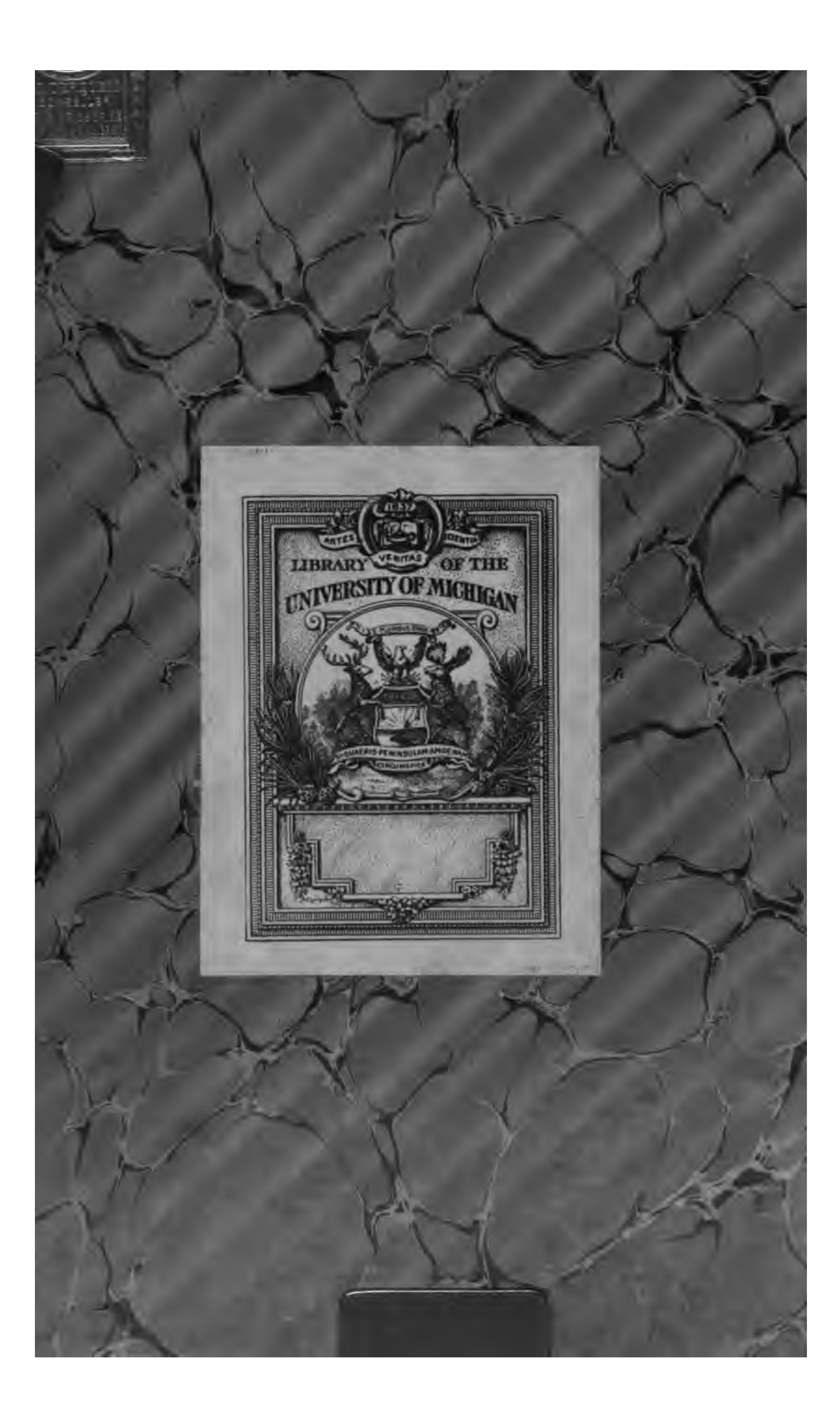
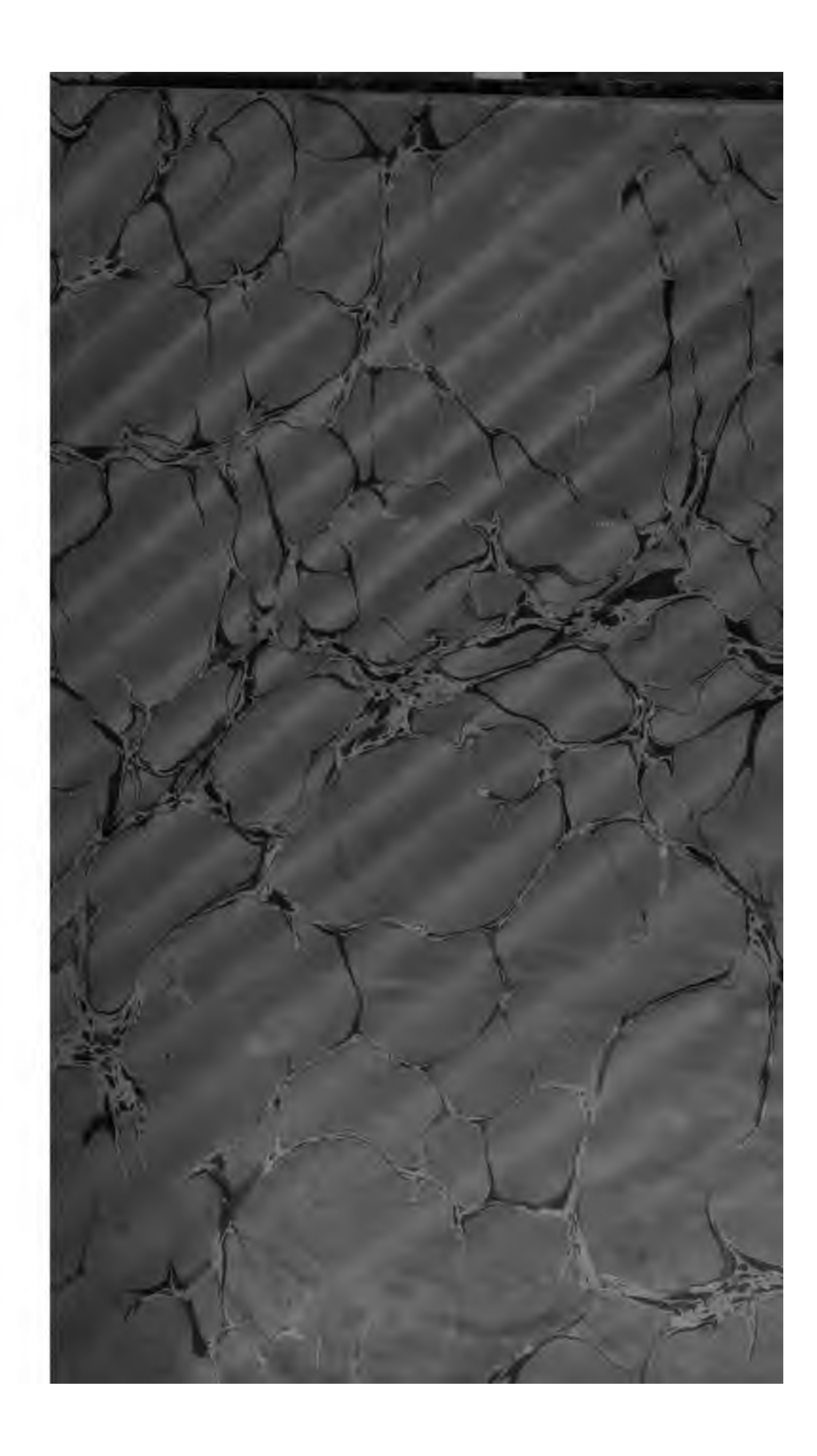

3,381



ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN



[redacted]

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

DE BORDEAUX

Bordeaux, imprimerie G. Gounouilhou, rue Guiraude, 11.

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

DES SCIENCES

PHYSIQUES ET NATURELLES

DE BORDEAUX

TOME II

A PARIS

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE

rue Hautefeuille, 19.

A LONDRES, chez H. BAILLIÈRE, 219, Regent Street. — A NEW-YORK, chez H. BAILLIÈRE, 290, Broadway.

A MADRID, chez BAILLY-BAILLIÈRE, calle del Principe, 11

A BORDEAUX

CHEZ CHAUMAS-GAYET, LIBRAIRE

Fossés du Chapeau-Rouge, 34

1861

COMPOSITION DU BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

pour l'année 1860-1861.

MM. ABRIA ✻, *président.*
BAUDRIMONT ✻, *vice-président.*
E. HENRY BROCHON, *secrétaire.*
SIRECH, *vice-secrétaire.*
MICÉ, *trésorier-archiviste.*
LESPIAULT, } *membres du Conseil.*
BAZIN, }

LISTE DES MEMBRES TITULAIRES ET CORRESPONDANTS

arrêtée en séance du Conseil le 25 juillet 1861.

§ Ier. — Membres titulaires.

MM. ABRIA ✻, doyen de la Faculté des Sciences.
ALEXANDRE, pharmacien.
AZAM, professeur à l'École de Médecine.
BAUDRIMONT ✻, agrégé libre de la Faculté de Médecine de Paris, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.
BAZIN, professeur à la Faculté des Sciences, médecin en chef de l'Asile des Aliénées.
BOUISSON, interne à l'Hôpital Saint-André.
E. HENRY BROCHON, avocat à la Cour Impériale.
CASTERA-LADEVÈZE, propriétaire.
COUERBE, chimiste, à Verteuil (Médoc).
DELMAS, docteur en médecine.
DUBOURDIEU, médecin vétérinaire.
DUCHÊNE, interne à l'Hôpital Saint-André.
GARRIGAT, interne à l'Hôpital Saint-André.
GLOTTIN, ancien officier de la marine Impériale.
GUESTIER (DANIEL), négociant.
COMTE DE LAVERGNE.
LESPIAULT, professeur à la Faculté des Sciences.
MARX, docteur en médecine, ancien interne à l'Hôpital Saint-André.
MICÉ, docteur en médecine, licencié ès-sciences, chef des travaux de physique et de chimie à la Faculté des Sciences.
ORÉ, professeur à l'École de Médecine, médecin à l'Hôpital Saint-André.
PICKMANN, manufacturier, à Séville.

MM. RODET, ingénieur de la Manufacture des tabacs, ancien élève de l'École Polytechnique.

ROYER, licencié ès-sciences mathématiques et physiques, chef d'institution.

SALVIAT, docteur en médecine.

SIRECH, préparateur à la Faculté des Sciences.

VIZERIE, interne à l'Hôpital Saint-André.

§ II. — Membres correspondants.

MM. BERNARD, professeur de physique à la Faculté des Sciences de Clermont.

BOUÉ, régent de physique au Collége de Sarlat (Dordogne).

BOURGUIGNAT, aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

BURGADE, à Libourne.

CAILLEBOIS, à Limoges.

DELBOS, docteur ès-sciences, professeur à l'École des Sciences appliquées de Mulhouse.

GERMAIN, naturaliste, à Valparaiso (Chili).

DE LAVERNELLE (Oscar), chef du cabinet du directeur général des lignes télégraphiques au ministère de l'Intérieur.

LÉON, sous-inspecteur des Douanes, à Lorient.

DE MONTESQUIOU, docteur en médecine, à Agen.

MUSSET, licencié ès-sciences, chef d'institution, à Toulouse.

RAMEY (EUGÈNE), naturaliste, à Paris.

ROBIN (EUGÈNE), professeur de chimie, à Paris.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

MM. PANEL, BANON ET LAREYNIE

ANCIENS MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

PAR M. E.-HENRY BROCHON FILS

SECRÉTAIRE

Au moment de mettre sous presse ce troisième demi-volume, trop longtemps retardé par des événements dont la Société n'a pu triompher qu'à force de persévérance, nous avons à cœur de payer le pénible tribut de nos regrets à la mémoire de ceux de nos collègues que la mort a frappés parmi nous depuis la date de notre dernière publication, MM. Panel, Henri Banon et Philippe Lareynie.

MM. Panel et Banon avaient fait partie de cette primitive réunion de jeunes hommes, animés, à défaut de savoir, d'un vif désir de s'instruire, et qui vinrent en 1850 demander à la Faculté des Sciences la réglementation de leurs efforts. L'un et l'autre ils ont, pendant plusieurs années, bien mérité par leur dévouement de la Société qu'ils avaient concouru à fonder; l'un et l'autre ils ont emporté, en descendant dans leur tombe inattendue, l'estime et l'affection de tous ceux à qui il a été donné de les bien connaître.

Singulièrement curieux des choses de la nature, M. Panel était doué d'un remarquable esprit d'observation et d'analyse. C'était un chercheur infatigable, et il savait trouver, en dépit de ses infirmités physiques, qui lui rendaient la tâche plus ardue. Son œil, son oreille, sa main, ne transmettaient à sa patiente intelligence que

des sensations incomplètes ou obtuses. Pourtant, il nous étonnait souvent par la finesse de ses observations et le tact inné qui le guidait dans ses recherches. Privé au premier âge de cette éducation générale qui prépare et féconde les fortes études spéciales, nous l'avons vu poursuivre, au prix de veilles incessantes, le titre de docteur en médecine, sur lequel il comptait pour lutter contre l'adverse fortune. Il travaillait toujours et avec passion. Nul ne trouvait plus de charmes que lui aux rudes labeurs de l'amphithéâtre. Le scalpel, qui le blessait pourtant quelquefois, était l'outil de ses récréations les plus désirées; l'hôpital lui apparaissait comme le sanctuaire où devait se révéler à son ardeur le mot mystérieux de cette triple énigme qui a nom *la vie, la maladie* et *la mort.*

Mais M. Panel était trop dévoré du besoin de connaître pour qu'une étroite enceinte lui fût un champ suffisant d'investigations : la nature tout entière l'attirait irrésistiblement. Aussi, durant les sept années où il appartint à la Société, il lui donna sans relâche la preuve d'un zèle que tous les sujets excitaient et qu'aucun ne pouvait lasser. La Botanique et l'Erpétologie furent plus particulièrement les objets de ses études. Outre un grand nombre de Rapports et de Comptes rendus, la Société lui dut des Communications dont la fréquence n'excluait pas l'intérêt, et plusieurs Mémoires, auxquels il ne manquait que d'avoir était faits moins rapidement. On peut citer, entre autres, ses Notes sur *la Salamandra variegata (Bory);* — sur *une variété très-rare de lézard trouvée à Arlac (Lacerta muralis P. Bibr. et Dum.);* — sur *le genre Barbarea, et en particulier sur le Barbarea vulgaris (R. Br.);* — sur *une excursion cryptogamique faite à Léognan; etc.*

Vers la fin de l'année 1856, M. Panel, qui avait à soutenir les charges d'un jeune ménage, alla se fixer en Périgord pour y exercer la médecine. Mais les fatigues du médecin de campagne devaient promptement user ses forces. Un an plus tard, il mourut pauvre et isolé. En consacrant ces lignes à sa mémoire, la Société ne remplit pas seulement un pieux devoir : elle paie sa dette de reconnaissance à l'un de ses membres qui lui fut le plus attaché et qui lui prouva le mieux son dévouement.

Bien peu de temps après M. Panel, M. Banon fut de même enlevé à l'amitié de ses collègues, dans le souvenir desquels les ser-

vices qu'il a rendus à la Société suffiraient à lui assurer une place également privilégiée. Du 2 décembre 1850 à la fin de l'année 1855, M. Banon a rempli avec le zèle le plus louable les fonctions d'Archiviste, qui, pendant tout ce temps, l'obligèrent à tenir en ordre un catalogue et un herbier d'une certaine importance. Dans la séance du 28 février 1856, le Rapporteur de la Commission des Archives remercia, en termes chaleureux, M. Banon de sa longue et excellente gestion, et la Société voulut s'unir, par son vote, à l'expression de ces justes éloges. M. Banon fut d'ailleurs l'un de ceux qui enrichirent le plus l'herbier confié à ses soins. Il s'occupait activement de botanique, et il fit don à la Société d'un grand nombre de plantes intéressantes, recueillies par lui dans ses intrépides herborisations. On lui doit même la découverte de plusieurs espèces nouvelles ou très-rares dans notre département, ainsi qu'on peut le voir en parcourant, dans le précédent volume, les *Documents pour servir à la Flore du S.-O. de la France,* à la publication desquels M. Banon a très-utilement concouru.

Mais c'est à la conchyologie fossile que notre regretté collègue a consacré ses plus ardentes recherches. Bien souvent, quand il avait une journée de liberté, il partait avec la blouse et les outils de l'ouvrier pour quelques-unes de ces explorations dont le lendemain il nous faisait admirer les heureux résultats. Il était à ce point avare des joies de la découverte, qu'il ne fit jamais appel à un bras mercenaire pour l'aider dans ses fouilles assidues. Du matin au soir, sans s'inquiéter des feux brûlants de l'été, il maniait de ses mains prudentes la pioche ou le marteau, et son bonheur était complet quand il était parvenu à déterrer du fahlun quelque coquille bien entière et à délivrer quelque rare échinoderme de sa prison de molasse ou de grès. Les riches dépôts de Saucats, Léognan, Martillac, Cestas, Martignas et Mérignac, reçurent successivement et à maintes reprises ses longues et curieuses visites. Il en rapporta souvent de véritables trésors; plusieurs même des espèces qu'il soumit à la Société paraissent n'avoir jamais été décrites ni figurées : telles sont une *Mactre,* de Léognan; une *Scalaire* et une *Cythérée,* de Cestas, etc... Il a laissé au surplus le *Catalogue* des coquilles qu'il a recueillies dans cette dernière commune, et aussi un *Mémoire sur le fahlun de Martillac,* avec l'énumération des espèces qu'il y avait trouvées.

Et pourtant, ce ne sont point encore là les titres les plus sérieux de M. Banon à l'affectueuse sympathie de ses collègues. Il la commandait surtout par la loyauté de son caractère, ses vertus filiales, admirées de tous, et l'extrême aménité de sa nature à la fois énergique et facile. Aussi sa fin précoce, en plongeant dans le deuil de vives amitiés, contribua-t-elle puissamment à jeter la Société dans cet état de malaise et de découragement qui signala pour elle l'année 1858, alors qu'elle comptait déjà dans son sein les vides regrettables qu'y avaient fait le départ de quelques-uns de ses principaux membres et la mort de MM. Panel et Lareynie.

M. Lareynie entra le 2 décembre 1850 dans notre Association, née de la veille. Il vota dans cette séance le Règlement constitutif, et fut appelé le même jour, par la confiance de ses nouveaux collègues, aux fonctions de membre du Conseil. Réélu un an plus tard en la même qualité, il remplit ces fonctions jusqu'à la fin de l'année 1852, et ne cessa, durant toute cette période et même l'année suivante, de participer au fonctionnement de la Société par ses communications toujours sérieuses, et par les Rapports administratifs et scientifiques dont il fut plusieurs fois chargé.

M. Lareynie était un entomologiste d'un véritable mérite. Il étudiait les insectes non pas seulement au point de vue spécifique, mais encore dans leurs mœurs et dans leur organisation intime. Il avait plus particulièrement observé certains insectes aveugles, et leur consacra un Mémoire très-distingué qu'il lut d'abord à la Société et communiqua plus tard à la Société Entomologique de France, dont il était membre. On lui doit également la découverte dans la Dordogne de plusieurs plantes remarquables, entre autres du *Pistacia Terebinthus,* qu'il trouva spontané sur les coteaux de Saint-Cyprien, dans une région tout à fait singulière au point de vue de la géographie botanique.

Au mois de décembre 1853, M. Lareynie fut obligé de se fixer à Bézenac (Dordogne), et il devint, sur sa demande, membre correspondant. Quatre ans plus tard, une mort cruelle vint le ravir à la science et à ses amis. « Philippe Lareynie (nous écrivait un de » nos anciens collègues, M. Lespès) est mort en mer en octo» bre 1857. Il venait de Corse, où il avait fait un voyage entomo» logique depuis mai. Il avait été atteint de fièvres opiniâtres à » Porto-Vecchio, et un accès le reprit sur la Méditerranée, pendant

» une violente tempête. Un domestique, chargé de le surveiller, le fit » si mal, qu'il le laissa monter sur le pont environ deux heures avant » d'arriver à Marseille. On pense qu'une lame l'entraîna à la mer. » Depuis, on n'en a eu aucune nouvelle. Ce n'est qu'après des re- » cherches nombreuses qu'un de nos amis, conseiller à la Cour de » Toulouse, a réuni ces renseignements. La collection de Lareynie » et ses papiers ont aussi été retrouvés. Les premières étaient très- » riches; les secondes ne renfermaient qu'un nombre insignifiant » de notes. Lareynie avait publié les plus importantes dans les » *Annales de la Société Entomologique de France,* qui contien- » nent aussi une Notice biographique sur lui par M. Fairniaire. » (IIIe série, t. VII (1859), p. 261.) »

Quand M. Lareynie succombait ainsi, martyr de son amour pour la science, il avait depuis quelque temps rompu le lien qui l'attachait à nous, l'éloignement où il vivait ne lui permettant plus de prendre à nos travaux toute la part qu'il eût désirée. La Société a pensé toutefois qu'elle devait une page dans ce Recueil à la mémoire d'un membre aussi instruit que modeste, et qui, bien jeune encore, avait su conquérir dans l'estime de tous une place d'ordinaire réservée aux graves et solides mérites d'une laborieuse maturité.

Ce 21 février 1861.

MÉMOIRE

SUR LE

MOUVEMENT DES NŒUDS DE LA LUNE

présenté à l'Académie des Sciences le 12 novembre 1860

PAR M. G. LESPIAULT

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX.

INTRODUCTION

DÉPLACEMENT DE L'ORBITE LUNAIRE DANS L'ESPACE

Le plan de l'orbite lunaire se déplace constamment sur la sphère céleste, de façon à conserver la même inclinaison moyenne sur l'écliptique, tandis que l'intersection de ces deux plans, ou la ligne des nœuds, est animée d'un mouvement rétrograde, ou contraire à celui de la Lune. La rétrogradation de cette ligne par rapport à la ligne des équinoxes est de 3′ 10″,64 par jour, ce qui correspond à 19° 20′ 30″ par an. Il en résulte que les nœuds de la Lune font une révolution entière contre l'ordre des signes en 18 ans $\frac{2}{3}$ environ, ou, plus exactement, en 6798^j, 15 par rapport aux équinoxes, et 6793^j, 4 par rapport aux étoiles.

L'inclinaison de l'orbite et le mouvement des nœuds sont assujettis à plusieurs inégalités. L'inclinaison, qui n'est que de 5° 0′ 1″ dans les nouvelles ou les pleines lunes *qui arrivent à 90° des nœuds,* se trouve de 5° 17′ 35″ dans les quadratures *où le Soleil coïncide avec le nœud.* L'inclinaison moyenne est ainsi de 5° 8′ 48″. Ce fut Tycho-Brahé qui fit le premier cette importante observation,

et il reconnut en même temps, dans le mouvement du nœud, une inégalité qui va jusqu'à 1° 45'. Ces deux inégalités se correspondent de telle sorte qu'on peut en obtenir une image géométrique assez simple, en concevant que l'axe de l'orbite éprouve une sorte de nutation autour de la position moyenne qu'il occuperait à chaque instant s'il ne faisait que décrire un cône circulaire autour de l'axe de l'écliptique.

En outre de ces inégalités et de plusieurs autres qui, comme les précédentes, ont une période semi-annuelle ou semi-mensuelle, Laplace a découvert par la théorie, dans le déplacement de l'orbite lunaire, une inégalité dont la période, beaucoup plus étendue, est égale à la durée même de la révolution du nœud. On peut représenter cette inégalité, en concevant que l'orbe lunaire, au lieu de se mouvoir uniformément sur l'écliptique avec une inclinaison constante, se meut avec les mêmes conditions sur un plan très-peu incliné à l'écliptique, et passant constamment par les équinoxes entre l'écliptique et l'équateur. Il résulte de là une des équations les plus importantes de la théorie de la Lune, en ce qu'elle dépend de l'aplatissement terrestre, et qu'elle donne cet aplatissement avec une très-grande exactitude, plus exactement peut-être que les mesures géodésiques, ou du moins d'une manière moins dépendante des irrégularités de la figure de la Terre. Un phénomène analogue se reproduit d'une manière plus sensible dans les mouvements des satellites de Jupiter, en vertu de l'aplatissement considérable de cette planète.

Tels sont les faits d'observation dont j'ai cherché une explication simple à l'aide de la théorie des couples. Cette théorie a l'avantage de mettre en relief le côté géométrique des phénomènes, et d'en présenter constamment à l'esprit une image sensible; elle conduit en particulier, d'une façon presque immédiate, à la raison mécanique de l'inégalité qui provient de l'aplatissement terrestre, et permet ainsi de faire rentrer, dans les éléments de la dynamique, la mesure de cet aplatissement par les perturbations du mouvement de la Lune.

CHAPITRE Ier

DU COUPLE QUI ANIME A CHAQUE INSTANT LE SYSTÈME FORMÉ PAR LA TERRE ET LA LUNE, ET DES PERTURBATIONS QU'IL ÉPROUVE.

I

Considérons, à un instant quelconque, le système formé par la Terre et la Lune. Si, dans ce système, dont nous pouvons supposer le centre de gravité total immobile, nous regardons comme des forces les quantités de mouvement des diverses molécules, ces quantités de mouvement ou ces forces se réduisent à trois couples, savoir (1) : le couple qui anime la Terre dans son mouvement diurne de rotation; celui qui anime la Lune; et enfin le couple formé par les deux forces égales, parallèles et contraires, qui emportent les centres de ces deux corps dans leur révolution mensuelle autour de leur centre commun de gravité.

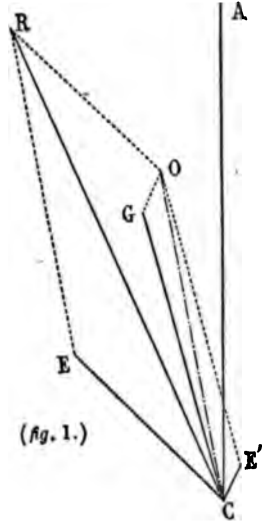
Il résulte des principes généraux de la dynamique, que, s'il n'existait pas d'actions extérieures, la composition de ces trois couples en un seul donnerait, à toutes les époques du mouvement, le même couple résultant, et l'on voit en outre, par les mêmes principes, que la grandeur et la position de ce couple seront troublées à chaque instant par l'action du Soleil, comme si la Terre et la Lune étaient invariablement liées ensemble et ne formaient à chaque instant qu'un seul et même corps solide. L'étude attentive des changements qui résultent ainsi de l'action solaire va nous donner l'explication des phénomènes qui nous occupent.

II

Commençons par chercher quelle est, à un instant donné, la position du couple résultant des quantités de mouvement. Soit C (*fig.* 1) le centre de gravité commun de la Terre et de la Lune;

(1) Voir Poinsot, *Mémoire sur l'équateur du système solaire.*
Id. *Mémoire sur la précession des équinoxes.*

soit CA l'axe de l'écliptique, que nous pouvons regarder comme fixe pendant une durée de la révolution de la ligne des nœuds; soient enfin CG l'axe de l'orbite lunaire, CE et CE′ des lignes respectivement parallèles aux axes de rotation de la Terre et de la Lune; l'angle GCA est environ de 5° 9′, ECA de 23° 27′, ACE′ de 1° 29′. On sait en outre que, d'après les découvertes de Cassini sur la libration réelle de la Lune, les trois droites CG, CA, CE′, restent constamment dans un même plan, CA étant située dans l'angle des deux autres.



(fig. 1.)

Prenons sur la première de ces droites une longueur CG pour représenter l'axe du couple qui emporte les centres de la Terre et de la Lune autour du point C; prenons aussi les longueurs CE et CE′ respectivement proportionnelles aux couples de rotation de la Terre et de la Lune. La composition de ces trois couples en un seul nous donnera en grandeur et en direction l'axe CR du couple résultant.

III

L'action du Soleil modifie à chaque instant la grandeur et la position de ce couple, et nous avons à étudier la marche de ces modifications, en composant le couple infiniment petit envoyé par le Soleil avec le couple CR. Or, c'est ce que l'on peut faire, en cherchant le résultant de ce couple infiniment petit et de CG, pourvu qu'on introduise ensuite les couples CE et CE′. Ce dernier pourrait être négligé à cause de sa petitesse; mais on va voir de plus, par le théorème de Cassini, qu'il peut l'être en toute rigueur pour la solution de notre problème. Car, puisque les droites CG et CE′ sont toujours dans le même plan que CA, la résultante partielle CO est aussi dans ce plan et fait un angle constant avec CG; les mouvements des deux axes CO et CG sont donc liés invariablement, et l'on peut étudier indifféremment sur l'un ou sur l'autre de ces axes, le déplacement qui résulte de sa composition avec le couple perturbateur; on obtiendra, dans les deux cas, le même

changement dans la position du plan GCA. Cela revient à dire que l'existence du couple CE′ n'altère en rien le mouvement de CG.

Quant au couple CE, il est permis, dans une première approximation, de le regarder comme immobile; car le déplacement qu'il éprouve pendant la durée d'une révolution des nœuds de la Lune est bien peu sensible. Or, si ce couple était rigoureusement invariable, nous pourrions dire de CO ce que nous avons dit plus haut de CR. En d'autres termes, cet axe CO, ou, si l'on veut, CG, puisque nous faisons abstraction de CE′, pourrait être considéré comme invariable de grandeur et de position dans le système formé de la Terre et de la Lune, sans actions extérieures.

Ainsi, dans l'hypothèse où nous nous plaçons provisoirement, nous pouvons, au lieu d'étudier le déplacement que le couple perturbateur doit produire sur CR, chercher de quelle manière ce couple déplace CG, considéré, pour le moment, comme le seul couple fini dont le système soit animé. Il est clair que cela revient à regarder, ainsi que l'ont fait tous les géomètres antérieurs à Laplace, la Terre et la Lune comme de simples points matériels, ou bien comme des sphères composées de couches homogènes; nous obtiendrons donc ainsi les perturbations indépendantes de l'aplatissement de ces deux corps. Mais, si nous voulons ensuite revenir à la réalité, nous serons obligés de tenir compte du petit mouvement conique qu'éprouve l'axe CE dans une période de 18 ans, et qui constitue le phénomène de la nutation. L'on peut prévoir, dès à présent, que de là résultera, dans le mouvement de l'axe de l'orbite, une inégalité de même période. Nous verrons plus tard que c'est justement cette inégalité qui conduit à une mesure de l'aplatissement terrestre. Laissons pour le moment ce détail de côté, et résolvons le problème comme si le couple CG était le couple résultant des quantités de mouvement. Le déplacement de cet axe CG détermine le déplacement de l'orbite.

IV

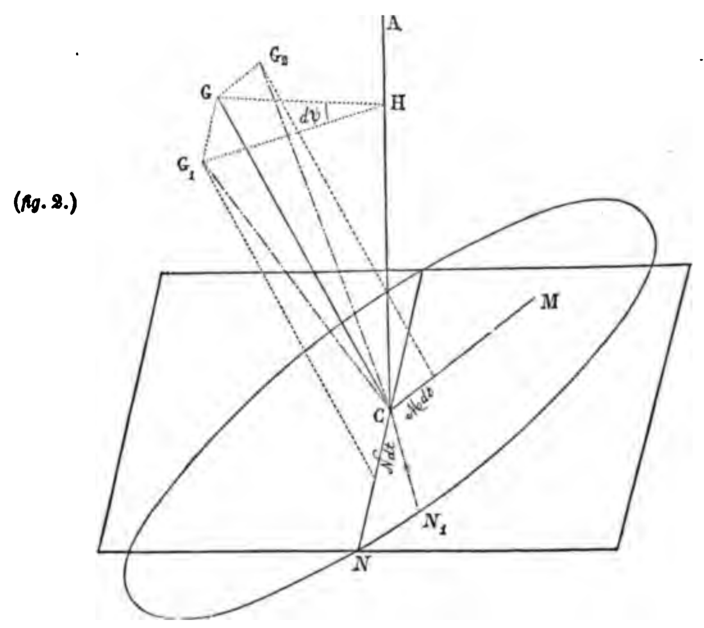
Du couple perturbateur; — sa décomposition en trois autres; — action instantanée de chacun de ces trois couples composants.

Regardons provisoirement, d'après ce qui précède, la Terre et la Lune comme réduites à leurs centres respectifs de gravité, et

considérons les forces qui sollicitent ces deux corps vers le Soleil, réduit également à son centre. Si nous transportons ces forces au centre de gravité commun de la Terre et de la Lune, nous les remplacerons par une résultante unique allant de ce centre au Soleil, et par un couple résultant, constamment situé dans le plan qui passe par les trois corps. C'est là justement le couple perturbateur, c'est-à-dire celui qui doit modifier à chaque instant la grandeur et la direction du couple fini des quantités de mouvement.

Sans chercher, pour le moment, l'expression analytique de ce couple perturbateur g, et quelle que soit cette expression, on peut concevoir qu'à chaque instant dt, ce couple soit décomposé en trois autres rectangulaires entre eux, savoir : le premier, L, situé dans le plan de l'orbite, c'est-à-dire agissant autour de CG (*fig.* 2); le second, N, autour de CN ou de la ligne des nœuds; le troisième, M, autour de CM menée dans l'orbite perpendiculairement à cette ligne. Ces quantités se rapportent à l'unité de temps, ce qui donne Ldt, Ndt, Mdt, pour les trois couples infiniment petits qui agissent sur le système à chaque instant dt.

(*fig.* 2.)



D'après le principe de la composition des petits mouvements,

pour connaître le changement de grandeur et de position qu'éprouve le couple G pendant le temps *dt*, il suffit de chercher le changement qui résulte de l'action de chacun de ces couples composants considéré isolément. Or, ces actions partielles sont faciles à déterminer.

Le couple *Ldt* ne modifie en rien la direction du couple G; mais il altère sa grandeur, et la change en G + *Ldt*; de sorte qu'on a

$$\frac{dG}{dt} = L$$

Ce changement du couple, ou, si l'on veut, de la somme des aires décrites par la Terre et la Lune autour de leur centre commun de gravité, constitue l'inégalité en longitude connue sous le nom de *variation;* on voit qu'elle résulte naturellement de notre théorie, et nous y reviendrons tout à l'heure.

Le couple *Ndt*, composé isolément avec G, donne pour résultante CG_1. Il n'en résulte aucun changement de grandeur; car CG et CG_1 ne diffèrent que d'un infiniment petit du second ordre; de sorte que CG ne s'accroît, par l'effet de *Ndt*, que d'un infiniment petit du premier ordre dans un temps fini; en d'autres termes, il n'en reçoit aucune variation de grandeur pendant tout le cours du mouvement.

En second lieu, CG et CG_1 peuvent être considérées comme deux génératrices infiniment voisines d'un cône à base circulaire ayant CA pour axe. Les angles qu'elles forment avec cet axe ne diffèrent que d'un infiniment petit du second ordre; de sorte que l'inclinaison γ de l'axe de l'orbite lunaire sur l'axe CA de l'écliptique ne change pas non plus par l'effet du couple *Ndt*.

Mais il n'en est pas de même de la position de la ligne des nœuds : cette droite, constamment perpendiculaire au plan qui passe par les axes de l'orbite et de l'écliptique, vient de CN en CN_1, décrivant un angle NCN_1, ou $d\psi$ égal à l'angle GHG_1.

Or, $GHG_1 = \frac{GG_1}{GH}$. Donc

$$d\psi = \frac{Ndt}{GH} = \frac{Ndt}{G\sin\gamma}, \quad \text{ou} \quad \frac{d\psi}{dt} = \frac{N}{G\sin\gamma}.$$

Quant au sens du mouvement, il est direct ou rétrograde, suivant

que l'axe du couple N est dirigé vers le nœud ascendant N ou vers le nœud descendant. Ainsi, pour que l'équation précédente soit générale, il faut regarder N comme positif ou négatif, suivant que son axe tombe sur CN ou sur son prolongement.

Reste le couple Mdt, qui, composé séparément avec G, lui ferait prendre la position CG_1. On voit immédiatement qu'il n'en résulte aucun changement dans la grandeur du couple G ni dans la position de la ligne des nœuds; mais l'inclinaison γ varie, et l'on a :

$$d\gamma = \frac{-GG_1}{CG} = \frac{Mdt}{G}, \quad \text{ou} \quad \frac{d\gamma}{dt} = \frac{M}{G},$$

équation générale, pourvu que l'on regarde M comme négatif ou comme positif, suivant que son axe aura pour direction CM ou le prolongement de cette ligne.

Nous montrerons que le couple M est une fonction périodique du temps, de sorte que l'angle γ oscille simplement entre certaines limites.

On voit en résumé que, des trois couples composants, le premier produit la *variation*, le second la *rétrogradation* de la ligne des nœuds, le troisième enfin l'*oscillation* de l'orbite lunaire, et cela sans qu'aucune de ces actions partielles puisse en rien altérer les deux autres.

V

Expressions analytiques des différents couples dont dépend le mouvement.

Désignons par S, T, L (*fig.* 3) les masses respectives du Soleil, de la Terre et de la Lune; par r et r' les distances du Soleil à la Terre et à la Lune; par δ et δ' les distances de chacun de ces deux corps à leur centre commun de gravité; par ρ la somme de ces distances, c'est-à-dire la distance de la Terre à la Lune.

Commençons par chercher l'expression du couple fini G qui emporte la Terre et la Lune autour de leur centre commun de gravité. Soit ω la vitesse angulaire commune de ces deux corps; les moments des quantités de mouvement qui les animent ont respectivement pour expressions $T\delta^2\omega$ et $L\delta'^2\omega$. Donc

$$G = \omega\,(T\delta^2 + L\delta'^2).$$

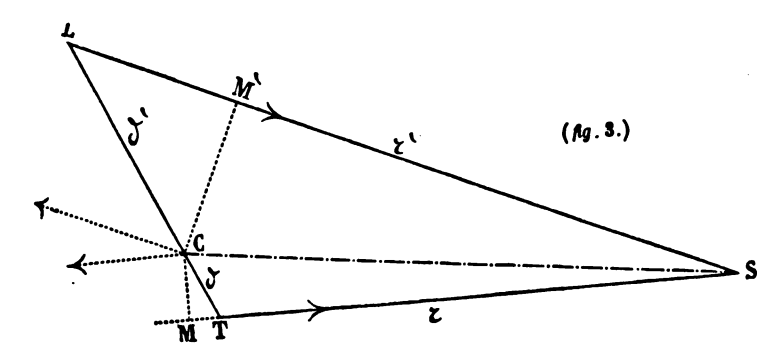
D'ailleurs

$$\frac{\delta}{L} = \frac{\delta'}{T} = \frac{\delta + \delta'}{L + T} = \frac{\rho}{L + T}.$$

Donc

$$G = \omega\rho^2 \frac{T.L^2 + L.T^2}{(L + T)^2} = \omega\rho^2 \frac{L.T}{L + T}.$$

Cherchons de même l'expression du couple perturbateur et celles de ses couples composants. L'attraction du Soleil sur la Terre est dirigée suivant TS et a pour expression $\frac{S.T}{r^2}$; l'attraction du Soleil



sur la Lune, dirigée suivant LS, est égale à $\frac{S.L}{r'^2}$. Ces forces, transportées parallèlement à elles-mêmes au centre de gravité total C, donnent lieu à deux couples de sens contraires, situés tous les deux dans le plan des trois corps, et ayant respectivement pour moments $\frac{S.T}{r^2}.CM$ et $-\frac{S.L}{r'^2}.CM'$. Ces deux couples se composent pour former le couple perturbateur, dont la valeur est par conséquent

$$g = \frac{S.T}{r^2}.CM - \frac{S.L}{r'^2}.CM' = \frac{S.T}{r^2}\,\delta \sin CTS - \frac{S.L}{r'^2}\,\delta' \sin CLS.$$

Or, on a

$$\delta = \frac{\rho L}{L + T} \qquad \delta' = \frac{\rho T}{L + T}.$$

Donc

$$g = \frac{S.T.L}{L + T}\,\rho\left(\frac{\sin CTS}{r^2} - \frac{\sin CLS}{r'^2}\right).$$

D'ailleurs

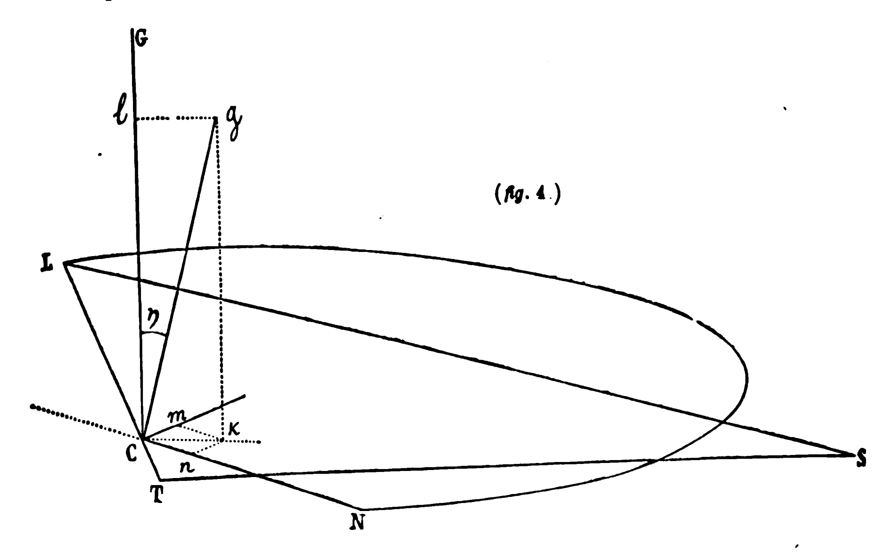
$$\sin \text{CTS} = \sin \text{SCT} \cdot \frac{\text{CS}}{r}, \quad \text{et} \quad \sin \text{CLS} = \sin \text{SCT} \cdot \frac{\text{CS}}{r'}.$$

Donc

$$g = \frac{\text{S} \cdot \text{T} \cdot \text{L}}{\text{T} + \text{L}} \cdot \rho \cdot \text{CS} \cdot \sin \text{SCT} \left(\frac{1}{r^3} - \frac{1}{r'^3}\right).$$

Telle est, à chaque instant, l'expression du couple perturbateur; et il est facile d'en déduire celle des trois couples composants L, N, M.

Soit en effet Cg (*fig.* 4) l'axe du couple g perpendiculaire au plan LTS. Abaissons la perpendiculaire gl sur l'axe CG de l'orbite lunaire et la perpendiculaire gk sur le plan de cette orbite, nous décomposerons ainsi le couple g en deux autres, dont le premier Cl sera justement le couple composant L qui agit dans le plan de l'orbite, et dont le second aura pour axe la ligne Ck menée dans ce plan perpendiculairement à TL. Ce dernier, décomposé suivant la direction CN de la ligne des nœuds et la perpendiculaire Cm à cette ligne, donnera les deux couples N et M, dont les axes sont respectivement représentés par Cn et Cm. On a donc, en désignant



(*fig.* 4.)

par η l'angle variable que fait le plan de l'orbite avec le plan des trois corps :

$L = Cl = g \cos \eta,$
$N = Cn = Ck \sin Ckn = Ck \sin \mathrm{LCN} = g \sin \eta \sin \mathrm{LCN},$
$M = - Cm = - Ck \cos Ckn = Ck \cos \mathrm{LCN} = g \sin \eta \cos \mathrm{LCN}.$

Si nous substituons à g sa valeur dans ces équations, et si nous posons pour simplifier

$$\frac{\mathrm{S \,.\, T \,.\, L}}{\mathrm{T + L}} = h,$$

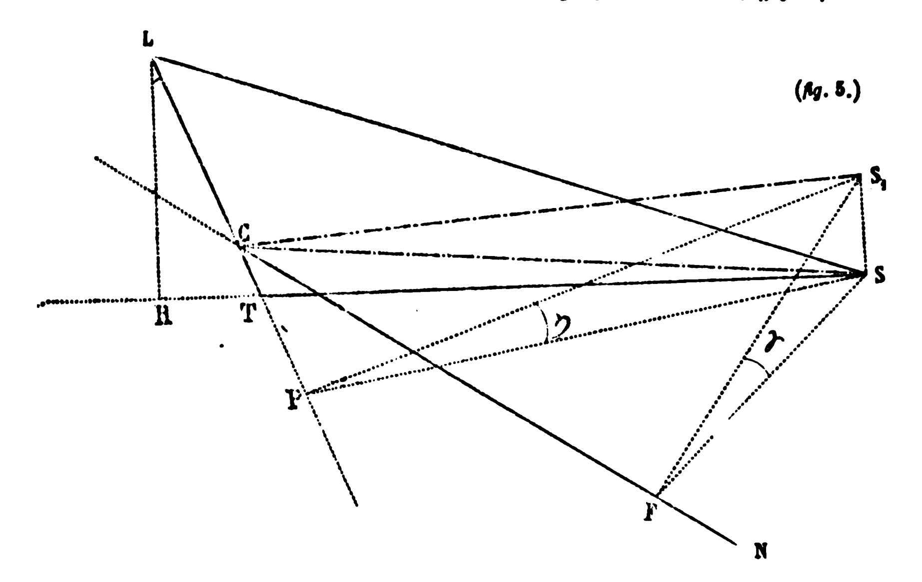
il vient

$$L = h\rho \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r'^2}\right) . \mathrm{CS} \,.\, \sin \mathrm{SCT} \cos \eta,$$

$$N = h\rho \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r'^2}\right) . \mathrm{CS} \,.\, \sin \mathrm{SCT} \sin \eta \sin \mathrm{LCN},$$

$$M = h\rho \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r'^2}\right) . \mathrm{CS} \,.\, \sin \mathrm{SCT} \sin \eta \cos \mathrm{LCN}.$$

Éliminons l'angle variable η. Pour cela, projetons en SS_1 (*fig.* 5)



sur le plan de l'orbite, et abaissons sur LC les perpendiculaires S_1P, SP, et sur CN les perpendiculaires S_1F, SF, nous aurons

$$SS_1 = SP \sin \eta = \mathrm{CS} \,.\, \sin \mathrm{SCT} \sin \eta.$$

D'ailleurs,

$$SS_1 = SF \sin \gamma = SC \sin SCN \sin \gamma,$$

d'où

$$CS . \sin SCT \sin \eta = CS . \sin \gamma \sin SCN,$$

équation que nous aurions pu trouver immédiatement par la considération du triangle sphérique SLN.

Nous aurons encore :

$$\cos \eta = \frac{S_1P}{SP} = \frac{CS_1 . \sin S_1CT}{CS . \sin SCT},$$

d'où

$$CS . \sin SCT \cos \eta = CS_1 . \sin S_1CT.$$

Si l'on substitue ces valeurs dans les expressions des couples composants, ces expressions deviennent

$$(1)\quad \begin{cases} L = h\rho\left(\dfrac{1}{r^3} - \dfrac{1}{r'^3}\right) CS_1 . \sin S_1CT, \\ N = h\rho\left(\dfrac{1}{r^3} - \dfrac{1}{r'^3}\right) CS . \sin \gamma \sin SCN \sin LCN, \\ M = h\rho\left(\dfrac{1}{r^3} - \dfrac{1}{r'^3}\right) CS . \sin \gamma \sin SCN \cos LCN. \end{cases}$$

On aurait pu arriver immédiatement à la valeur du couple L, en observant que ce couple est la projection de g sur le plan de l'orbite, et que, d'autre part, CS_1 et S_1CT sont respectivement les projections de CS et de SCT.

CHAPITRE II.

DE LA VARIATION.

I

Nous avons vu tout à l'heure quelle était l'action individuelle de chacun des couples dont nous venons de trouver l'expression algébrique. Le couple L, en particulier, est celui qui produit l'inégalité lunaire connue sous le nom de *variation;* et pour étudier cette inégalité avec quelque détail, nous allons reprendre l'équation

$$\frac{dG}{dt} = L, \tag{2}$$

dans laquelle G exprime le couple fini qui emporte la Terre et la Lune dans leur mouvement mensuel autour de leur centre commun de gravité; nous avons donné plus haut l'expression de ce couple.

Si, dans l'équation précédente, on met pour L sa valeur, il vient :

$$\frac{dG}{dt} = h\rho \frac{(r' - r)\,(r'^2 + rr' + r^2)}{r^2 r'^2} . \mathrm{CS}_1 . \sin \mathrm{S}_1\mathrm{CT}.$$

Jusqu'ici, les formules auxquelles nous sommes parvenus sont vraies en toute rigueur; mais si nous voulons aller plus loin, et intégrer l'équation précédente, nous sommes obligés d'introduire certaines simplifications, et de placer les corps dont nous nous occupons dans des conditions idéales qui se prêtent mieux au calcul que les conditions réelles.

Nous avons d'abord, en négligeant les quantités très-petites du second ordre :

$$r' - r = \mathrm{TH} = \rho \cos \mathrm{LTH} = -\rho \cos \mathrm{LTS},$$

d'où

$$\frac{dG}{dt} = -h\rho^2 \frac{r'^2 + rr' + r^2}{r^2 r'^2} \mathrm{CS}_1 . \sin \mathrm{S}_1\mathrm{CT} \cos \mathrm{LTS}.$$

Pour intégrer cette équation, nous ferons remarquer d'une part que le centre de gravité commun de la Terre et de la Lune est très-voisin du centre de la Terre, et d'autre part que l'orbite lunaire est peu inclinée sur l'écliptique; de sorte que l'on peut, sans grande erreur, considérer l'angle S_1CT comme égal à SCT ou comme supplémentaire de LTS. Nous désignerons par u ce dernier angle, qui pourra, au même degré d'approximation, être regardé comme égal à $v - v'$, v exprimant la longitude de la Lune, et v' celle du Soleil.

Si l'on observe en outre que les longueurs r, r' et CS_1 diffèrent peu les unes des autres, on verra qu'il est permis de regarder le rapport de deux d'entre elles comme égal à l'unité. L'équation précédente deviendra, en ayant égard à ces simplifications :

$$\frac{dG}{dt} = 3\,h\,\frac{\rho^2}{r^3}\,.\,\sin\,(v' - v)\cos\,(v' - v)\,.$$

v' et v sont sensiblement proportionnels au temps; nous supposerons qu'ils le soient exactement, ce qui revient à négliger l'excentricité des orbites, comme nous venons de négliger leur inclinaison, à l'exemple de Newton et de Clairaut. On aura, en désignant par m et m' les vitesses moyennes angulaires de la Lune et du Soleil :

$$v = mt, \qquad v' = m't,$$

en comptant les deux longitudes à partir de l'une des syzygies.

Il vient donc

$$dG = 3\,h\,\frac{\rho^2}{r^3}\,.\,\sin\,(m' - m)\,t\cos\,(m' - m)\,t\,dt.$$

Si l'on intègre depuis l'époque des quadratures où $(m' - m)\,t = \pm\frac{\pi}{2}$ jusqu'à l'époque t, on trouve, pour l'accroissement du couple dans cet intervalle :

$$\Delta\,G = 3\,h\,\frac{\rho^2}{r^3}\,.\,\frac{\cos^2\,(m' - m)\,t}{2\,(m - m')} = 3\,h\,\frac{\rho^2}{r^3}\,.\,\frac{\cos^2 u}{2\,(m - m')}.$$

Cette équation montre qu'à toute autre époque que celle des

quadratures, l'action du Soleil accroît la valeur du couple des quantités de mouvement, ou, si l'on veut, la valeur de l'aire qui en est l'expression géométrique, et qui serait constante si la Terre et la Lune existaient seules. Mais, pour avoir la *variation* de l'aire réelle autour de sa valeur moyenne, il faut, par une transformation très-simple, changer l'expression précédente de Δ G dans la suivante :

$$\Delta\, G = \frac{3\, S\, .\, T\, .\, L}{T + L}\, \frac{\rho^2}{r^3} \left\{ \frac{1}{4\,(m - m')} - \frac{\cos 2\, u}{4\,(m - m')} \right\}.$$

Cet accroissement se compose de deux parties, l'une que l'on peut regarder comme constante et *augmentant* l'aire d'une égale quantité dans tous les points de l'orbite, l'autre qui dépend de cos 2 u, et qui par conséquent change de signe toutes les fois que u passe par les valeurs $\frac{\pi}{4}$, $\frac{3\pi}{4}$, $\frac{5\pi}{4}$, etc., c'est-à-dire à tous les octants. La première de ces deux parties n'est pas sensible aux observations; car il n'en résulte pas, à proprement parler, d'*inégalité* dans le mouvement de la Lune, et elle a uniquement pour effet d'augmenter la valeur moyenne de l'*aire observée,* comme cela pourrait résulter par exemple d'une augmentation subite dans la masse de la Terre. La seconde partie constitue à elle seule l'inégalité découverte par Aboul-Wéfa ou Tycho-Brahé, et que les astronomes ont appelée *variation.* L'observation montre, comme notre théorie, qu'elle disparaît aux octants.

II

Il nous est facile de calculer la grandeur de cette inégalité; elle résulte en effet immédiatement de la comparaison entre la partie variable du couple G + Δ G, et sa valeur moyenne. Or, nous avons désigné jusqu'ici par G le couple des quantités de mouvement, tel qu'il serait si la Terre et la Lune existaient seules, et nous avons trouvé pour son expression $\frac{L\, .\, T\, .\, \rho^2}{L + T}\, \omega$, où ω exprime la vitesse angulaire moyenne qu'aurait la Lune autour de la Terre dans cette hypothèse. Mais si nous désignons par m la vitesse

angulaire moyenne de la Lune telle que la donne l'observation, c'est-à-dire telle qu'on la déduit du *mouvement troublé,* le produit $\frac{L \,.\, T \,.\, \rho^2}{L + T}\, m$ exprimera pareillement la valeur moyenne de G dans le *mouvement troublé,* c'est-à-dire la valeur qu'aurait ce couple dans l'ellipse de Képler, augmentée de la valeur constante de Δ G.

En prenant, d'après ce qui précède, le rapport du terme variable à la fraction $\frac{L \,.\, T \,.\, \rho^2}{L + T}\, m$, nous trouvons pour expression de la variation :

$$\delta\, G = -\frac{3S}{r^3}\,\frac{\cos 2u}{4\, m^2\left(1 - \frac{m'}{m}\right)}.$$

D'ailleurs, si l'on désigne par τ le temps de la révolution sidérale du Soleil, et par K le rapport de la masse de la Terre à celle de cet astre, on a

$$\frac{S\,(1 + K)}{r^3} = \frac{4\,\pi^2}{\tau^2} = m'^2,$$

et en négligeant K, qui est environ $\frac{1}{355000}$,

$$\frac{S}{r^3} = m'^2,$$

d'où

$$\delta\, G = -\frac{3\, m'^2}{m^2}\,\frac{\cos 2u}{4\left(1 - \frac{m'}{m}\right)}.$$

Représentons par n le rapport $\frac{m'}{m}$ du moyen mouvement du Soleil à celui de la Lune, nous aurons

$$\delta\, G = -\frac{3\, n^2}{4\,(1 - n)}\cos 2u.$$

Tel est le rapport de la variation du couple qui agit dans l'orbite, à sa valeur moyenne, ou si l'on veut le rapport de la variation

de l'aire instantanée à sa valeur moyenne. Cette variation change de signe aux octants, c'est-à-dire chaque semaine. Les écarts maxima ont lieu aux syzygies et aux quadratures, et ont pour expression une fraction de l'aire moyenne marquée par le nombre

$$\frac{3\,n^2}{4\,(1-n)} = \frac{1}{220,46},$$

en prenant

$$n^2 = \frac{1}{178,7}.$$

C'est le résultat trouvé par Newton, mais par une méthode moins directe; car ce grand géomètre calcule d'abord l'accroissement de vitesse de la Lune, pour en déduire l'accroissement de l'aire instantanée. On pourrait tirer de ce qui précède l'expression analytique de la variation en longitude; mais nous ne nous arrêterons pas à ce calcul, notre but étant uniquement de traiter les questions relatives à la théorie lunaire qui se déduisent immédiatement de la considération des couples.

CHAPITRE III.

DE LA RÉTROGRADATION DES NŒUDS ET DES VARIATIONS D'INCLINAISON DE L'ORBITE.

I.

Examen des deux couples dont l'action produit le déplacement de l'orbite lunaire.

Reprenons dans les équations (1) les expressions des deux couples N et M, dont le premier, comme nous l'avons vu plus haut, détermine à lui seul le mouvement de la ligne des nœuds, tandis que le second produit les oscillations de l'orbite lunaire relativement au plan de l'écliptique :

$$N = h\rho \frac{(r' - r)(r^2 + rr' + r'^2)}{r^2 r'^2} \text{CS} \sin\gamma \sin \text{SCN} \sin \text{LCN},$$

$$M = h\rho \frac{(r' - r)(r^2 + rr' + r'^2)}{r^2 r'^2} \text{CS} \sin\gamma \sin \text{SCN} \cos \text{LCN}.$$

Introduisons les mêmes simplifications que pour l'étude du couple L. Pour $r' - r$, nous aurons $\rho \cos$ LTH ou $- \rho \cos u$. Les facteurs $\frac{r}{r'}$ et $\frac{\text{CS}}{r'}$ seront remplacés par l'unité, et $\frac{\text{S}}{r^3}$ par m'^2. Quant aux angles LCN et SCN, que nous désignerons par φ et φ', ils sont respectivement formés par la ligne qui va du point C au nœud ascendant avec celles qui vont du même point à la Lune et au Soleil. On peut donc, dans les limites d'approximation que nous avons adoptées pour nos calculs, les regarder comme ayant pour sommet commun le centre de la Terre, et comme égaux à leurs projections sur l'écliptique. Si l'on convient de compter constamment ces angles en partant de CN et marchant dans le sens direct, leurs expressions s'obtiendront toujours en retranchant des longitudes du Soleil et de la Lune la longitude ψ du nœud ascendant, ce qui donnera les équations :

$$\varphi = v - \psi, \qquad \varphi' = v' - \psi';$$

on a en outre

$$\varphi - \varphi' = u.$$

Conservons provisoirement les lettres φ et φ', et remplaçons h par sa valeur dans les expressions simplifiées des deux couples; il viendra

$$N = -3\, m'^2 \frac{\text{T.L}}{\text{T} + \text{L}} \rho^2 \sin\gamma \sin\varphi \sin\varphi' \cos u,$$

$$M = -3\, m'^2 \frac{\text{T.L}}{\text{T} + \text{L}} \rho^2 \sin\gamma \cos\varphi \sin\varphi' \cos u.$$

Nous pouvons déjà tirer quelques conséquences assez remarquables de la forme même de ces expressions. Si l'on y remplace u par sa valeur $\varphi - \varphi'$, elles deviennent

$$N = -3\, m'^2 \frac{\text{T.L}}{\text{T} + \text{L}} \rho^2 \sin\gamma \left(\sin^2\varphi \sin^2\varphi' + \frac{\sin 2\varphi \sin 2\varphi'}{4}\right),$$

$$M = -3\, m'^2 \frac{\text{T.L}}{\text{T} + \text{L}} \rho^2 \sin\gamma \left(\frac{\sin 2\varphi' \cos^2\varphi + \sin^2\varphi' \cos 2\varphi}{2}\right).$$

En examinant d'abord le dernier terme de la valeur de N, on voit que, dans l'espace d'une demi-lunaison, on peut regarder $\sin 2\varphi'$ comme sensiblement constant, tandis que $\sin 2\varphi$ passe par toutes les valeurs positives et négatives que peut avoir un sinus. Les valeurs élémentaires de ce terme sont donc deux à deux égales et de signe contraire, et leurs effets se détruisent dans la période considérée, c'est-à-dire qu'il n'en résulte, pour la ligne des nœuds, qu'une simple oscillation. Les effets moyens proviennent uniquement du premier terme, et comme ce terme est constamment négatif, il est clair que le mouvement moyen de la ligne des nœuds est rétrograde.

II

Il est aisé de voir aussi que la valeur moyenne du couple N est la même que si la matière de la Lune était répandue en forme d'anneau sur le contour de son orbite mensuelle, et que cet an-

neau solide, de même masse que la Lune, éprouverait la même rétrogradation. Le premier terme que nous considérons peut, en effet, s'écrire sans erreur sensible :

$$-3\, m'^2\, L\, \rho^2 \sin\gamma \sin^2\varphi \sin^2\varphi'.$$

Regardons $\sin^2\varphi'$ comme constant pendant une lunaison, et imaginons que la Lune soit partagée en p parties égales dL distribuées uniformément sur le contour de son orbite, de sorte que les longitudes successives de ces parties soient $d\varphi$, $2d\varphi$, $3d\varphi$ ..... $pd\varphi$. L'action du Soleil sur la première partie dL donnerait, autour de la ligne des nœuds, un petit couple exprimé par

$$-3\, m'^2 . dL . \rho^2 \sin\gamma \sin^2\varphi' \sin^2(d\varphi).$$

L'action sur la seconde donnerait un couple exprimé par

$$-3\, m'^2 . dL . \rho^2 \sin\gamma \sin^2\varphi' \sin^2(2\,d\varphi),$$

l'action sur la troisième

$$-3\, m'^2 . dL . \rho^2 \sin\gamma \sin^2\varphi' \sin^2(3\,d\varphi),$$

et ainsi de suite. Or, tous ces couples s'ajouteraient si l'on supposait l'anneau solidifié ; de sorte que l'on aurait, pour le couple total envoyé par le Soleil à cet anneau :

$$-3\, m'^2\, dL\, \rho^2 . \sin\gamma . \sin^2\varphi' \left[\sin^2(d\varphi) + \sin^2(2\,d\varphi) + \ldots + \sin^2(pd\varphi)\right],$$

ou, en multipliant et divisant par p :

$$-3\, m'^2 . pdL . \rho^2 \sin\gamma \sin^2\varphi' \left[\frac{\sin^2(d\varphi) + \sin^2(2\,d\varphi) + \ldots + \sin^2(pd\varphi)}{p}\right],$$

expression où le facteur pdL représente la masse de la Lune, et le facteur entre parenthèses la moyenne valeur de $\sin^2\varphi$, depuis $\varphi = 0$ jusqu'à $\varphi = pd\varphi$; de sorte que l'on retombe sur la valeur moyenne du couple qu'on avait obtenue en considérant le mouvement de la Lune autour de la Terre.

Si maintenant nous considérons le couple M, qui produit la variation d'inclinaison de l'orbite, nous voyons que ses deux termes passent l'un et l'autre par des valeurs alternativement positives et négatives, mais égales, au signe près; il ne peut donc en résulter que des effets périodiques. Le premier terme changeant de signe avec $\sin 2\varphi'$ détermine une oscillation semi-annuelle dans l'orbite lunaire; tandis que l'oscillation qui dépend du second terme ou de $\cos 2\varphi$ a une période semi-mensuelle. Au reste, ces conclusions ne sont qu'indiquées par l'équation différentielle; elles prendront une forme plus nette et plus précise après l'intégration.

III.

Des équations précédentes, il est facile de déduire les expressions différentielles du mouvement de la ligne des nœuds et des variations d'inclinaison de l'orbite; car on a trouvé au chapitre I :

$$d\psi = \frac{Ndt}{G \sin \gamma} \quad \text{et} \quad d\gamma = \frac{Mdt}{G}.$$

Ces équations deviennent, en y mettant pour N et M leurs valeurs, pour G la fraction $\frac{L.T}{L+T} \cdot \rho^2 m$, et en écrivant, au lieu du rapport $\frac{m'}{m}$, le produit égal $n'^2 m$,

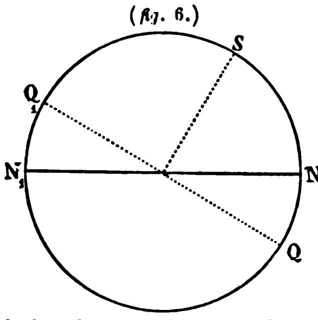
$$(3) \qquad d\psi = -3\, n'^2 \sin \varphi \sin \varphi' \cos u . mdt,$$

$$(4) \qquad d\gamma = -3\, n'^2 \sin \gamma \cos \varphi \sin \varphi' \cos u . mdt.$$

On peut discuter ces équations comme les précédentes, avant de les intégrer.

Il est clair que le mouvement instantané de la ligne des nœuds sera rétrograde ou direct, suivant que $d\psi$ sera négatif ou positif, c'est-à-dire suivant que le produit $\sin \varphi \sin \varphi' \cos u$ aura le signe + ou le signe —. Ainsi, le sens de ce mouvement change toutes

les fois qu'une des trois lignes trigonométriques change de signe, et il est facile de voir à quelles conditions géométriques répondent ces alternatives.



Soient S le Soleil, Q, Q_1 les quadratures, et NN_1 la ligne des nœuds; si la Lune est du même côté de cette ligne que le Soleil, sin φ et sin φ' sont de même signe : ainsi, pour que $d\psi$ soit positif, il faut et il suffit que cos u soit négatif, c'est-à-dire que l'angle u soit $> 90°$; cela ne peut avoir lieu que si la Lune est en un point de N_1Q_1. Si les deux astres sont de part et d'autre de la ligne des nœuds, le produit sin φ sin φ' est négatif, et, pour que $d\psi$ ait le signe $+$, il faut que cos u soit pareillement négatif, c'est-à-dire que la Lune soit sur l'arc NQ. Il suit de là que le mouvement instantané de la ligne des nœuds est direct toutes les fois que la Lune est comprise entre l'un des nœuds et la quadrature voisine, et rétrograde dans tous les autres cas.

On voit donc que la ligne des nœuds ne rétrograde pas d'une manière continue, mais au contraire que, dans l'espace d'un mois, elle prend à deux reprises un mouvement direct. Les changements de sens ont lieu aux moments où la Lune passe à l'un des nœuds de son orbite ou à l'une des quadratures; à ces quatre époques du mois, la ligne reste immobile. Comme d'ailleurs les arcs parcourus par la Lune sur son orbite, pendant que ses nœuds ont un mouvement direct, sont toujours moindres qu'un quart de circonférence, tandis que les arcs qu'elle parcourt, pendant que les nœuds rétrogradent, varient entre $\frac{\pi}{2}$ et π, il est clair que la rétrogradation correspond à la plus grande partie du mois lunaire, et que le déplacement définitif s'effectue contre l'ordre des signes.

Une autre remarque importante au sujet de l'équation (2), c'est qu'elle ne contient plus ni les masses d'aucun des corps qui nous occupent, ni l'inclinaison de l'orbite sur l'écliptique. Les diverses quantités qui y entrent dépendent uniquement des moyens mouvements de la Terre autour du Soleil, ou de la Lune autour de la Terre. La rétrogradation des nœuds serait donc la même dans tou

autre système de trois corps, pourvu que les moyens mouvements ne fussent pas changés.

En examinant de même l'équation (4), et discutant les signes que prend le second membre suivant les positions respectives du Soleil, de la Lune et des nœuds, on verra que les variations de l'angle γ s'effectuent, comme celles de l'angle ψ, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; mais les arcs parcourus par la Lune sur son orbite, pendant la diminution de cet angle γ, sont tantôt plus petits, tantôt plus grands que les arcs parcourus pendant son accroissement, de sorte que la valeur moyenne de cet angle reste constante. C'est le résultat que nous a déjà donné l'examen du couple M.

IV

Intégration des équations qui précèdent.

Pour intégrer ces équations, commençons par transformer en une somme les produits des lignes trigonométriques qu'elles renferment. Ces produits sont, pour la première, $\sin\varphi \sin\varphi' \cos u$; pour la seconde, $\cos\varphi \sin\varphi' \cos u$, et l'on sait que $\varphi - \varphi' = u$.

On a :

$$\sin\varphi' \cos u = \frac{\sin(\varphi' + u) + \sin(\varphi' - u)}{2} = \frac{\sin\varphi + \sin(\varphi' - u)}{2}$$

d'où

$$\begin{aligned}\sin\varphi' \cos u \sin\varphi &= \frac{1}{2}\Big[\sin^2\varphi + \sin\varphi \sin(\varphi' - u)\Big]\\ &= \frac{1}{4}\Big[1 - \cos 2\varphi + \cos(\varphi - \varphi' + u) - \cos(\varphi + \varphi' - u)\Big]\\ &= \frac{1}{4}\Big(1 - \cos 2\varphi + \cos 2u - \cos 2\varphi'\Big).\end{aligned}$$

De même :

$$\begin{aligned}\sin\varphi' \cos u \cos\varphi &= \frac{1}{2}\Big[\sin\varphi \cos\varphi + \sin(\varphi' - u)\cos\varphi\Big]\\ &= \frac{1}{4}\Big[\sin 2\varphi + \sin(\varphi + \varphi' - u) + \sin(\varphi' - u - \varphi)\Big]\\ &= \frac{1}{4}\Big(\sin 2\varphi + \sin 2\varphi' - \sin 2u\Big).\end{aligned}$$

Il vient, en substituant ces valeurs dans les équations (3) et (4),

$$d\psi = -\frac{3}{4}n'^2\left(1 + \cos 2u - \cos 2\varphi - \cos 2\varphi'\right)mdt,$$

$$d\gamma = -\frac{3}{4}n'^2 \sin\gamma\left(-\sin 2u + \sin 2\varphi + \sin 2\varphi'\right)mdt.$$

Remplaçons, dans les seconds membres, φ par sa valeur $v - \psi$, φ' par $v' - \psi$, et u par $v - v'$, il viendra :

(5) $$d\psi = -\frac{3}{4}n'^2\left[1 + \cos 2(v - v') - \cos 2(v - \psi) - \cos 2(v' - \psi)\right]mdt,$$

(6) $$d\gamma = -\frac{3}{4}n'^2\sin\gamma\left[-\sin 2(v - v') + \sin 2(v - \psi) + \sin 2(v' - \psi)\right]mdt.$$

Ces équations ne peuvent s'intégrer exactement, parce que les arcs dont les sinus et cosinus entrent dans le second membre, dépendent de la variable ψ; mais il est facile d'en avoir des intégrales très-approchées, parce que cet angle ψ, qui exprime la longitude du nœud ascendant, varie très-lentement par rapport aux autres angles.

Il en résulte d'abord que l'on peut obtenir à très-peu près la valeur moyenne de la rétrogradation du nœud, en se bornant au premier terme de la valeur de $d\psi$; car les effets provenant des trois derniers seraient absolument périodiques si ψ était constant, et sont, par conséquent, bien près de l'être en réalité.

On a donc sensiblement :

$$\psi = -\frac{3}{4}n'^2 mt,$$

en faisant commencer l'intégrale à l'origine du temps.

Cette équation donne, pour le mouvement angulaire du nœud pendant l'unité de temps :

$$\overline{\psi} = -\frac{3}{4}n'^2 m.$$

En substituant à n et m leurs valeurs numériques, on trouve pour $\overline{\psi}$ un nombre un peu supérieur à celui que donne l'observa-

tion; mais ce nombre se rectifiera tout à l'heure par une méthode analogue à celle des approximations successives.

Puisque la valeur moyenne de l'angle ψ est proportionnelle au temps, nous pouvons remplacer cet angle par it dans les équations à intégrer, en faisant

$$-\frac{3}{4}n^2m = i.$$

Substituons aussi, en nous conformant aux simplifications que nous avons déjà introduites, les valeurs mt, $m't$ aux longitudes v et v'; il viendra :

$$d\psi = -\frac{3}{4}n^2m\left[1 + \cos 2(m-m')t - \cos 2(m-i)t - \cos 2(m'-i)t\right]dt,$$

$$d\gamma = -\frac{3}{4}n^2m\sin\gamma\left[-\sin 2(m-m')t + \sin 2(m-i)t + \sin 2(m'-i)t\right]dt.$$

La première de ces équations s'intègre immédiatement, et donne :

$$(7)\qquad \psi = -\frac{3}{4}n^2mt - \frac{3n^2m}{8(m-m')}\sin 2(m-m')t + \frac{3n^2m}{8(m-i)}\sin 2(m-i)t + \frac{3n^2m}{8(m'-i)}\sin 2(m'-i)t.$$

On trouve de même, en divisant les deux membres de la seconde équation par $\sin\gamma$, et intégrant :

$$l\,\mathrm{tang}\,\frac{1}{2}\gamma = -\frac{3n^2m}{8(m-m')}\cos 2(m-m')t + \frac{3n^2m}{8(m-i)}\cos 2(m-i)t + \frac{3n^2m}{8(m'-i)}\cos 2(m'-i)t + C.$$

Il est clair que les trois premiers termes du second membre

donnent une somme algébrique tantôt positive et tantôt négative. Soit γ' la valeur de l'angle γ, au moment où cette somme passe par 0; alors, $C = l \operatorname{tang} \frac{1}{2}\gamma'$, et il vient :

$$l \frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma}{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma'} = -\frac{3n'^2 m}{8(m-m')}\cos 2(m-m')t + \frac{3n'^2 m}{8(m-i)}\cos 2(m-i)t + \frac{3n'^2 m}{8(m'-i)}\cos 2(m'-i)t.$$

Pour rendre cette équation plus commode à discuter, remarquons que, le second membre ayant toujours une petite valeur numérique, le rapport $\dfrac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma}{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma'}$ diffère toujours très-peu de l'unité; de sorte qu'en posant

$$l \frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma}{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma'} = x,$$

on en tire sensiblement :

$$\frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma}{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma'} = e^x = 1 + x,$$

et ensuite :

$$x = \frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma - \operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma'}{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\gamma'} = \frac{\sin\frac{1}{2}(\gamma-\gamma')}{\frac{1}{2}\sin\gamma'} = \frac{\gamma-\gamma'}{\sin\gamma'},$$

d'où enfin

$$\gamma - \gamma' = -\frac{3\,n^2 m \sin\gamma'}{8\,(m - m')}\cos 2\,(m - m')\,t + \frac{3\,n^2 m \sin\gamma'}{8\,(m - i)}\cos 2\,(m - i)\,t$$
$$+\frac{3\,n^2 m \sin\gamma'}{8\,(m' - i)}\cos 2\,(m' - i)\,t.$$

On aurait pu parvenir plus simplement à cette équation, en remarquant, dans l'équation différentielle, que sin γ peut être remplacé, sans erreur sensible, par sa valeur moyenne, et intégrant immédiatement.



V

Discussion des équations finies qui déterminent le déplacement de l'orbite lunaire.

Si l'on examine le second membre de l'équation (7), d'où dépend le mouvement de la ligne des nœuds, on voit que le premier terme croît proportionnellement au temps, mais en restant toujours négatif, et que les trois autres ont des valeurs périodiques. On en conclut que cette ligne est douée d'un mouvement moyen rétrograde, assujetti à trois inégalités principales. On voit de même immédiatement, à l'inspection de l'équation (8), que la variation d'inclinaison de l'orbite lunaire sur l'écliptique dépend uniquement de trois inégalités correspondant respectivement aux trois précédentes et de même période.

Les inégalités qui ont pour argument $2\,(m - m')\,t$, ou $2\,v - 2\,v'$, ont pour période une demi-lunaison. Celles dont l'argument est $2\,(m - i)\,t$ ou $2\,v - 2\,\psi$ ont une période un peu plus courte, et marquée par une demi-révolution de la Lune par rapport au nœud. Enfin, les inégalités qui dépendent de l'angle $2\,(m' - i)\,t$ ou $2\,v' - 2\,\psi$ ont une période à peu près semestrielle. Ce sont les plus importantes à cause de la grandeur de leurs coefficients.

Avant de discuter ces inégalités, commençons par déduire de l'équation (7) une valeur de la rétrogradation moyenne plus exacte que celle que nous avons donnée tout à l'heure. Nous emploierons pour cela la méthode des approximations successives, c'est à dire

que, dans le second membre de l'équation différentielle (5), d'où nous avons tiré ψ, nous remplacerons cette quantité par sa valeur déduite de l'équation (7), et nous chercherons le terme non périodique qui peut résulter d'une nouvelle intégration. Il n'est pas nécessaire, dans ce calcul, de tenir compte des deux premières inégalités, à cause de la petitesse de leurs coefficients. D'après cette remarque, on trouve, en remplaçant ψ dans l'équation (5), non plus par it, mais par

$$it + \frac{3\,n'^2 m}{8\,(m' - i)} \sin 2\,(m' - i)\,t,$$

$$d\psi = -\frac{3}{4} n'^2 m dt \left\{ 1 - \cos\left[2\,(m' - i)\,t - \frac{3\,n'^2 m}{4\,(m' - i)} \sin 2\,(m' - i)\,t \right] \right\}.$$

Faisons

$$\frac{3\,n'^2 m}{4\,(m' - i)} = \mathrm{K},$$

et remarquons que $\mathrm{K} < \frac{1}{17}$. Alors

$$\cos\left[2\,(m' - i)\,t - \mathrm{K} \sin 2 (m' - i) t\right] = \begin{cases} \cos 2\,(m' - i)\,t \cos[\mathrm{K} \sin 2 (m' - i) t] \\ + \sin 2\,(m' - i)\,t \sin[\mathrm{K} \sin 2\,(m' - i) t] \end{cases}$$

$$= \begin{cases} \cos 2\,(m' - i) t \left[1 - \frac{\mathrm{K}^2}{2} \sin^2 2\,(m' - i)\,t + \dots \right] \\ + \sin 2 (m' - i) t [\mathrm{K} \sin 2 (m' - i) t + \dots]. \end{cases}$$

Si l'on néglige les termes périodiques et ceux qui renferment les puissances supérieures de K, il reste le terme

$$\mathrm{K} \sin^2 2\,(m' - i)\,t = \frac{\mathrm{K} - \mathrm{K} \cos 4\,(m' - i)\,t}{2},$$

dont la partie non périodique est $\frac{\mathrm{K}}{2}$ ou $\frac{3\,n'^2 m}{8\,(m' - i)}$.

On a donc, en se bornant aux mouvements moyens :

$$d\psi = -\frac{3}{4} n'^2 m dt \left[1 - \frac{3\,n'^2 m}{8\,(m' - i)} \right];$$

d'où

$$\psi = -\frac{3}{4} n^2 m \left[1 - \frac{3 n^2 m}{8 (m' - i)} \right] t,$$

expression vraie aux quantités près de l'ordre n^4, comme on peut le voir en la comparant à celle qui est donnée au n° 13 du livre VII de la *Mécanique céleste*.

Pour calculer la valeur numérique de ψ, remplaçons i par sa valeur $-\frac{3}{4} n^2 m$, il viendra :

$$\psi = -\frac{3}{4} n^2 m \left[1 - \frac{3 n^2 m}{8 m' + 6 n^2 m} \right] t = -\frac{3}{4} n^2 m \left(\frac{3 n + 8}{6 n + 8} \right) t.$$

Or,

$$n = \frac{m'}{m} = \frac{27,32}{365,25} = 0,074805.$$

Donc

$$\psi = - 0,0040855 \, mt.$$

Si l'on prend le jour solaire moyen pour unité de temps, on a $m = \frac{2 \pi}{27,32}$, et l'on trouve, pour la rétrogradation diurne de la ligne des nœuds, en partie du rayon,

$$\psi = 0,0009396,$$

et par conséquent en degrés, minutes, etc.

$$\psi = 3' \, 13'', 78.$$

Cette quantité ne diffère de celle que donne l'observation que de 3″ environ, c'est-à-dire de la soixantième partie de sa valeur. Cette différence tient surtout à ce que nous avons négligé la variation du rayon vecteur.

VI

Discussion des inégalités.

Nous avons déjà remarqué l'analogie qui existe entre les trois inégalités du mouvement des nœuds, et celles de l'inclinaison de l'orbite. Ces inégalités, considérées deux à deux, sont proportionnelles, l'une au sinus, l'autre au cosinus d'un même arc, et ont, à un facteur constant près, le même coefficient.

Commençons, pour avoir les valeurs numériques de ces divers coefficients, par calculer celles des trois fractions

$$\frac{3\,n^2m}{8\,(m-m')},\qquad \frac{3\,n^2m}{8\,(m-i)},\qquad \frac{3\,n^2m}{8\,(m'-i)},$$

qui deviennent respectivement, après y avoir remplacé i par $-\frac{3}{4}\,n^2m$, et opéré quelques réductions,

$$\frac{3\,n^2}{8\,(1-n)},\qquad \frac{3\,n^2}{8+6\,n^2},\qquad \frac{3\,n}{8+6\,n};$$

nous trouverons, en partie du rayon, les nombres

0,002268, 0,002090, 0,027746,

et en degrés, minutes, etc.,

7′48″, 7′16″, 1°31′19″.

Ce sont là justement les coefficients des inégalités du mouvement des nœuds, et il suffira de les multiplier par $\sin\gamma'$ pour en déduire ceux qui se rapportent à l'inclinaison de l'orbite.

On a $\sin\gamma' = \sin .\, 5°8'48''$, d'où $\log .\sin\gamma' = 8{,}95286$, ce qui donne les trois coefficients

42″, 39″, 8′12″.

On déduit de là :

$$\psi = -\frac{3}{4}n^2mt - 7'48'' \sin 2(m-m')t + 7'16'' \sin 2(m-i)t + 1°31'19'' \sin 2(m'-i)t,$$

$$\gamma - \gamma' = -42'' \cos 2(m-m')t + 39'' \cos 2(m-i)t + 8'12'' \cos 2(m'-i)t.$$

Comme nous l'avons dit plus haut, la dernière inégalité est de beaucoup la plus considérable dans chacune de ces équations; elle a pour argument, dans l'une et dans l'autre, $2(m'-i)t$, c'est-à-dire qu'elle se développe dans l'intervalle de temps que met le Soleil pour aller de l'un à l'autre nœud. Si nous voulons nous faire une idée géométrique du phénomène, concevons une ligne moyenne des nœuds douée d'un mouvement rétrograde uniforme; faisons osciller une autre ligne à droite et à gauche de celle-ci, jusqu'à une distance d'un degré et demi environ, et dans une période d'à peu près six mois; la vraie ligne des nœuds sera toujours très-rapprochée de cette dernière, et l'écart de ces deux droites sera réglé par les deux premières inégalités. De même, l'orbite réelle sera toujours très-peu inclinée sur une orbite idéale assujettie à des oscillations semestrielles d'à peu près 8' autour de sa position moyenne.

Ces conclusions théoriques sont conformes aux faits observés, et l'accord se manifeste aussi dans les résultats numériques relatifs à ces inégalités. Cherchons en effet quel est le plus grand écart résultant de la valeur de ψ, entre le nœud vrai et le nœud moyen. Il est clair que pour trouver le maximum de la somme algébrique des trois derniers termes, on peut commencer par rendre maximum le troisième, qui est beaucoup plus considérable que les autres. Pour cela, il faut faire $\sin 2(m'-i)t = 1$, c'est-à-dire supposer le Soleil à 45° de l'un des nœuds. Quant aux deux autres termes, on voit que leur somme atteindra à très-peu près sa plus grande valeur, si l'on fait $2(m-i)t = \frac{\pi}{4}$, d'où $2(m-m')t = -\frac{\pi}{4}$. Les sinus de ces arcs sont respectivement $\frac{1}{\sqrt{2}}$ et $-\frac{1}{\sqrt{2}}$. De là ré-

sulte pour la valeur de l'écart maximum,

$$7'48''.\frac{1}{\sqrt{2}}+7'16''.\frac{1}{\sqrt{2}}+1^\circ 31'19''=1^\circ 42'.$$

La légère différence qui existe entre cet écart calculé et l'écart observé tient aux simplifications que nous avons faites pour arriver à l'intégration.

Calculons de même l'amplitude de l'oscillation de l'orbite. Si nous considérons d'abord une des nouvelles ou des pleines lunes qui arrivent à 90° des nœuds, nous aurons

$$\cos 2(m-m')t=1,\ \cos 2(m-i)t=-1,\ \cos 2(m'-i)t=-1,$$

d'où

$$\gamma-\gamma'=-42''-39''-8'12''=-9'33''.$$

Au contraire, dans les quadratures où le Soleil coïncide avec l'un des nœuds, on aura

$$\cos 2(m-m')t=-1,\ \cos 2(m-i)t=-1,\ \cos 2(m'-i)t=1,$$

d'où

$$\gamma-\gamma'=42''-39''+8'12''=8'15''.$$

La différence entre ces valeurs extrêmes, c'est-à-dire l'amplitude de l'oscillation, est de 17'48'', nombre peu différent des 17'35'' que donne l'observation.

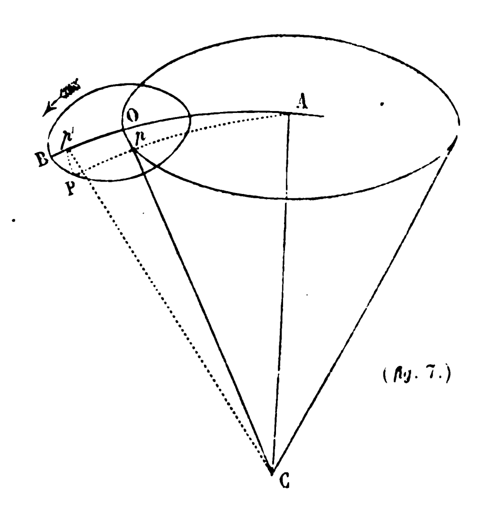
VII.

La relation remarquable qui existe entre les coefficients des inégalités dont sont affectés les angles ψ et γ conduit à une représentation géométrique très-simple du mouvement général de l'orbite.

Considérons à cet effet l'axe CA de l'écliptique et l'axe moyen CO de l'orbe lunaire; si l'on n'a égard d'abord, pour chacun des angles, qu'à une seule des trois perturbations, par exemple celle dont la période est semi-annuelle, on poura écrire :

$$\delta\psi=\mathrm{K}\sin 2(m'-i)t \quad \text{et} \quad \delta\gamma=\mathrm{K}\sin\gamma'\cos 2(m'-i)t.$$

Pour trouver la position du pôle vrai par rapport à la position O du pôle moyen (*fig.* 7), il faut d'abord prendre sur la circonférence de rayon AO, en marchant dans le sens direct, si $\delta\psi$ est positif, un arc Op qui sous-tende l'angle OAp = $\delta\psi$, puis, sur le prolongement de AO, un arc Op' = $\delta\gamma$, et enfin composer ces deux petits arcs par la règle du parallélogramme; on obtient ainsi le point P.



Or,

$$\mathrm{O}p = \mathrm{OA}\,.\,\delta\psi = \mathrm{OC}\sin\gamma'\,\delta\psi = \mathrm{K}\,.\,\mathrm{OC}\sin\gamma'\sin 2\,(m'-i)\,t,$$

et

$$\mathrm{O}p' = \mathrm{OC}\,.\,\delta\gamma = \mathrm{K}\,.\,\mathrm{OC}\sin\gamma'\cos 2\,(m'-i)\,t;$$

d'où

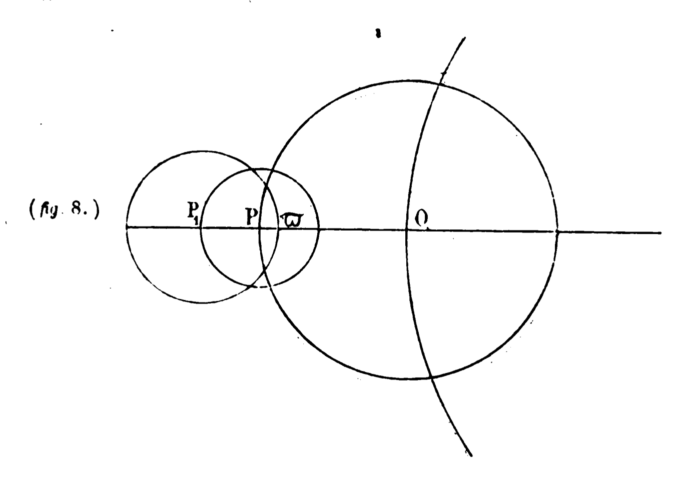
$$\mathrm{OP} = \sqrt{\overline{\mathrm{O}p}^2 + \overline{\mathrm{O}p'}^2} = \mathrm{K}\,.\,\mathrm{OC}\sin\gamma' = \text{const.}$$

Le pôle vrai décrit donc, en vertu de la perturbation semi-annuelle, un cercle autour du pôle moyen. La durée de chaque révolution est égale au temps que met le Soleil pour aller d'un nœud à l'autre. Si l'on veut connaître le sens de ce mouvement, il faut remarquer que, lorsque l'argument $2\,(m'-i)\,t$ est égal à zéro, le pôle vrai est en B à son extrême distance du point A. A partir de ce moment, l'angle γ commence à décroître, tandis que $\delta\psi$ prend le signe +; d'où il résulte évidemment que le pôle marche vers le

point P, c'est-à-dire dans le sens direct, ou bien encore en sens contraire de la marche du pôle moyen O.

On pourrait représenter de la même manière chacune des deux autres inégalités considérée isolément. Si l'on veut avoir ensuite une image géométrique de l'ensemble, c'est-à-dire connaître le déplacement réel du pôle de l'orbite, il suffit de composer les mouvements circulaires partiels qui résulteraient des diverses perturbations, et l'on arrive à la proposition suivante :

Le pôle moyen O (*fig.* 8) parcourt, dans le sens rétrograde, en

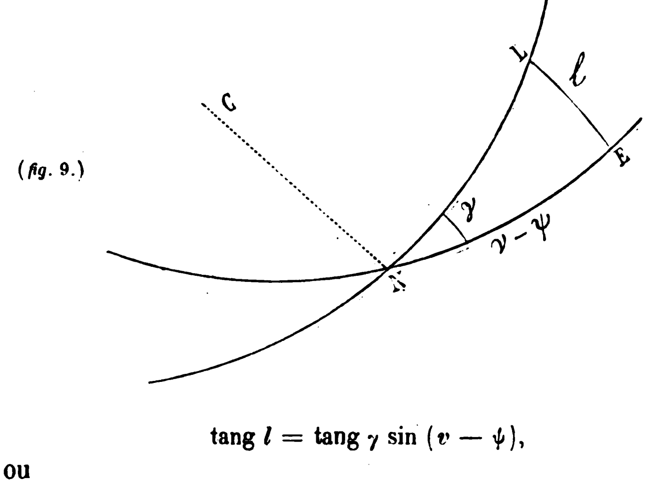


18 ans $\frac{2}{3}$ environ, un cercle ayant pour axe l'axe OA de l'écliptique, et un arc de 5°9′ pour rayon sphérique. Considérons ce point O comme le centre mobile d'un cercle, de 8′12″ de rayon, parcouru dans le sens direct, et dans un espace de 6 mois par un certain point P. Autour de ce dernier, faisons tourner dans le même sens un second point idéal P_1, à une distance de 39″, et dans le temps que met la Lune à aller du nœud ascendant au nœud descendant. Ce point sera le centre du mouvement du pôle vrai ϖ. Ce mouvement s'effectuera, toujours en sens direct, sur une circonférence de 42″ de rayon, et sa durée sera d'une demi-lunaison. Il est facile de voir en outre qu'au moment où le Soleil et la Lune sont en conjonction ou en opposition sur la ligne des nœuds, les quatre points O, P, P_1 et ϖ sont sur un même grand cercle passant par le pôle A de l'écliptique; car les trois inégalités qui entrent dans

l'expression de ψ s'évanouissent à la fois. On peut, d'après cela, trouver à un instant quelconque la situation du pôle vrai de l'orbite lunaire.

Newton a remarqué que les deux inégalités à courte période ne produisaient aucune inégalité sensible dans la latitude de la Lune, de sorte qu'on ne pouvait les trouver que par la théorie. On a en effet (*fig.* 9), en représentant par NL, un arc de l'orbite lunaire; par NE, un arc de l'écliptique; et par LE $= l$, la latitude de la Lune,

(*fig.* 9.)



$$\tang l = \tang \gamma \sin (v - \psi),$$

ou

$$l = \gamma \sin (v - \psi);$$

d'où

$$\delta l = \sin (v - \psi)\, \delta\gamma - \gamma \cos (v - \psi)\, \delta\psi.$$

Substituant pour $\delta\gamma$ et $\delta\psi$ leurs termes périodiques et réduisant, on trouve

$$\delta l = -\frac{3n^2m}{8(m-i)}\gamma \sin (m-i)t + \frac{3n^2m}{8}\left(\frac{1}{m'-i} + \frac{1}{m-m'}\right)\sin (m-2m'+i)t.$$

Le premier de ces deux termes, qui provient de l'inégalité d'argument $v - \psi$, rentre dans le premier terme du développement de la latitude. Quant aux deux autres inégalités de l'orbite, on voit qu'il n'en résulte qu'une seule et même équation de latitude dont l'argument est $(m - 2m' + i)t$. La plus grande partie du coeffi-

cient de cette équation provient de l'inégalité semestrielle, tandis que celle dont la période est une demi-lunaison ne fait qu'augmenter ce coefficient d'une quantité de l'ordre n^2. On voit donc que les deux petites inégalités de l'orbite ne pourraient se déduire de l'observation seule.

CHAPITRE IV.

MESURE DE L'APLATISSEMENT DE LA TERRE DÉDUITE D'UNE DES INÉGALITÉS DU MOUVEMENT DE LA LUNE.

I.

Réaction de la nutation terrestre sur le mouvement de l'orbite lunaire.

En étudiant, dans les pages précédentes, l'action perturbatrice du Soleil, nous avons supposé que le couple fini qui animait le système formé par la Terre et la Lune se réduisait au couple unique qui emporte ces deux corps autour de leur centre commun de gravité. Nous avons donc fait abstraction momentanément des couples qui proviennent de la rotation de la Terre et de la Lune autour de leur axe; mais nous avons eu soin de remarquer que, pour qu'une telle simplification n'altérât en rien la rigueur de nos raisonnements, il faudrait que l'axe de la Terre conservât dans l'espace une direction invariable. Or, cette immobilité n'est qu'approchée, et l'on sait que l'axe terrestre se déplace à chaque instant, en donnant lieu aux phénomènes de la précession des équinoxes et de la nutation. On conçoit qu'un tel déplacement, si lent qu'il puisse être, doit nécessairement réagir sur le mouvement de l'orbite lunaire, et nous allons voir en effet que cette réaction existe, et produit dans la marche de notre satellite une inégalité sensible en latitude. Cette inégalité est remarquable surtout en ce qu'elle provient, comme la nutation, de l'attraction qui s'exerce entre la Lune et le ménisque terrestre, ce qui permet d'en déduire une valeur très-exacte de l'aplatissement du globe. Telle est la raison de l'importance que lui attribue l'auteur de la *Mécanique céleste,* qui l'a découverte en partant des formules relatives à l'attraction des sphéroïdes. On voit que la théorie des couples nous y conduit par une marche naturelle, et, pour ainsi dire, *nécessaire,* et l'on pourra reconnaître en outre la simplicité des calculs et la clarté des considérations géométriques qui dérivent de cette théorie.

Le couple résultant qui provient des forces dont sont animées les

diverses molécules du système formé par la Terre et la Lune s'obtient, ainsi que nous l'avons vu plus haut, par la composition de trois autres couples :

1° Le couple que nous avons désigné par G, et qui existerait seul si les deux astres étaient réduits à leurs centres respectifs de gravité; 2° le couple qui anime la Terre dans son mouvement diurne de rotation; 3° le couple qui anime la Lune.

Nous avons remarqué que ce dernier pouvait être négligé en toute rigueur, non-seulement parce qu'il est très-petit, mais parce que son axe se trouve, par suite du phénomène de la libration, constamment situé dans le plan qui passe par les axes de l'écliptique et de l'orbite lunaire. Il suit en effet de cette circonstance que ce plan contient aussi toujours l'axe du couple résultant des deux couples qui agissent dans l'orbite et dans l'équateur lunaires. Cet axe et celui de l'orbite occupent une position relative invariable, et tournent simultanément autour de l'axe de l'écliptique, en décrivant deux cônes concentriques. On peut donc étudier indifféremment l'un ou l'autre de ces mouvements, c'est-à-dire faire abstraction du couple engendré par la rotation de la Lune.

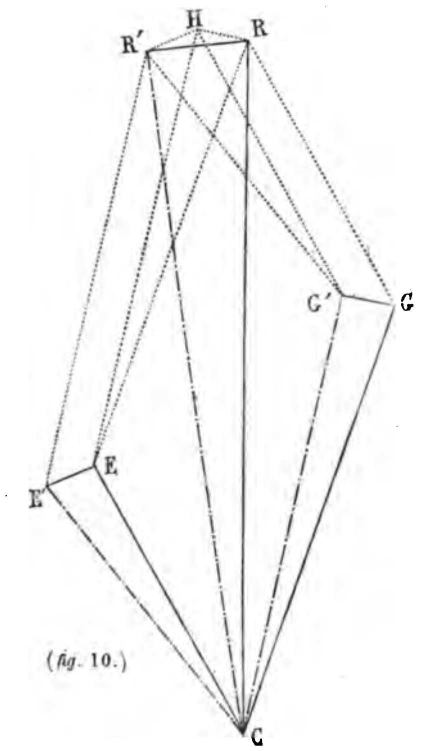
Dès lors, nous n'avons plus à considérer que le couple G ou CG situé dans l'orbite lunaire (*fig.* 10), et le couple CE dont l'axe est celui de l'équateur terrestre. Soit CR leur couple résultant, qui serait invariable de grandeur et de position dans l'espace, s'il n'intervenait pas d'action perturbatrice.

Laissons de côté, pour le moment, le mouvement de précession dont la période est extrêmement longue, et considérons simplement la nutation, qui consiste, comme on sait, en un petit mouvement conique de CE autour de sa position moyenne.

Nous avons vu que, si CE était immobile dans l'espace, CG pourrait être considéré, tout aussi bien que CR, comme l'axe d'un couple qui resterait invariable de position et de grandeur dans un système uniquement composé de la Terre et de la Lune, ce qui nous a permis d'étudier l'action du couple perturbateur, en le composant directement avec CG. Mais il est clair que, si CE se déplace, ces conclusions sont infirmées et que la réaction de ce déplacement s'ajoute à l'action du couple envoyé par le Soleil pour déterminer le mouvement de CG.

On peut voir en outre que ces deux actions sont indépendan-

tes l'une de l'autre. En effet, de quelque manière que se meuvent les trois axes CR, CE et CG, ce triple mouvement doit s'opé-



(fig. 10.)

rer de façon que le premier reste constamment la diagonale du parallélogramme construit sur les deux autres. Cela posé, soit RR' le déplacement élémentaire qu'éprouve le point R par l'effet du couple perturbateur, et EE' celui qu'éprouve le point E, dans le même temps, par l'effet de la nutation, nous aurons évidemment le déplacement du point G, en menant R'G' égale et parallèle à E'C, et joignant GG'. Or, pour évaluer cette quantité GG', il suffit de mener G'H égale et parallèle à GR, et de joindre ensuite HR et HR'. RR' est la résultante de ces deux lignes, et par conséquent de leurs égales GG' et EE'. En d'autres termes, le déplacement élémentaire GG' du point G s'obtient en composant avec la ligne RR' qui est égale et parallèle à l'axe du couple perturbateur, une ligne égale et contraire à EE', c'est-à-dire au déplacement qu'éprouve le point E par l'effet de la nutation. La loi de la

superposition des petits mouvements montre que ces deux déplacements, composants du point G, peuvent être introduits séparément et indépendamment l'un de l'autre.

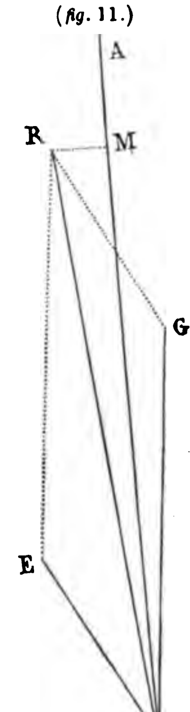
II.

Nous avons, dans les chapitres précédents, résolu la première partie du problème, c'est-à-dire déterminé le changement que l'action du couple perturbateur introduit dans la position du point G. Il nous reste donc actuellement, pour avoir la véritable marche de ce point, à le déplacer à chaque instant d'une quantité égale et contraire à celle dont se déplace le point E. Nous venons de remarquer que ces deux opérations partielles sont indépendantes l'une de l'autre; la somme des effets de la première donnée par l'intégration détermine le mouvement général de l'axe de l'orbite tel que nous l'avons obtenu déjà; les effets de la seconde se traduisent par une simple perturbation de ce mouvement.

Cette perturbation a évidemment pour période, comme la nutation dont elle provient, la durée d'une révolution de la ligne des nœuds. Il n'est pas difficile de trouver son amplitude, c'est-à-dire la quantité dont elle fait varier l'angle compris entre les axes de l'orbite et de l'écliptique. Il suffit pour cela de déterminer la relation qui existe entre la nutation de l'axe terrestre et celle de l'orbite lunaire. Or, si l'on remarque que ces deux phénomènes proviennent uniquement de réactions intérieures du système formé par la Terre et la Lune, on voit qu'il n'en résulte aucun changement dans la position ou la grandeur de l'axe résultant CR, et par conséquent de sa projection CM sur l'axe CA de l'écliptique; d'un autre côté, cette projection CM n'est altérée ni par l'action du couple perturbateur, ni par la précession des équinoxes, puisque ces deux causes déterminent simplement des mouvements coniques de CG ou de CE autour de l'axe de l'écliptique, et ne changent par conséquent en rien les valeurs de leurs projections sur cet axe.

Si donc nous désignons par θ l'angle ECA de l'équateur et de l'écliptique (*fig.* 11), nous avons, en exprimant que la somme des

projections de CE et de CG sur CA reste constante,



(fig. 11.)

$$CE \cos\theta + CG \cos\gamma = \text{const.},$$

d'où

$$CE.\sin\theta\delta\theta = - CG.\sin\gamma\delta\gamma.$$

On a trouvé d'ailleurs (§ V, ch. Ier),

$$CG = m\rho^2.\frac{T.L}{T+L},$$

m désignant la vitesse moyenne angulaire de la Lune, et l'on a évidemment, en désignant par μ la vitesse angulaire de la Terre autour de son axe, et par C son moment d'inertie par rapport au même axe,

$$CE = \mu C,$$

d'où

$$\mu C \sin\theta\,\delta\theta = -\frac{T.L}{T+L} m\rho^2 \sin\gamma\,\delta\gamma.$$

Telle est la relation fort simple qui existe entre les nutations de l'équateur terrestre et de l'orbe lunaire; elle est, aux notations près, identique à celle que donne Laplace à la page 323 du Ve volume de la *Mécanique céleste*.

III.

De la relation qui précède, on peut tirer quelques conséquences géométriques assez importantes. On voit, en effet, d'abord que les variations $\delta\gamma$ et $\delta\theta$ sont des signes contraires; d'où il résulte que, lorsque l'axe de l'équateur terrestre se rapproche de celui de l'écliptique, l'axe de l'orbite s'en éloigne, et réciproquement. La valeur maximum de l'une des inclinaisons correspond donc à la valeur minimum de l'autre. On voit en outre que si C était connu,

on pourrait déduire immédiatement de l'équation précédente l'amplitude de la nutation de l'orbe lunaire. Or, pour pouvoir déterminer C par le calcul, il faudrait connaître la loi de la variation de densité des couches intérieures de la Terre. Mais, si nous ne cherchons qu'une approximation un peu grossière, nous pouvons supposer la Terre homogène et sphérique. Nous aurons alors, en désignant son rayon par a,

$$C = \frac{2}{5} T a^2,$$

d'où

$$\delta\gamma = -\frac{2}{5} \frac{T+L}{L} \frac{a^2}{\rho^2} \frac{\mu}{m} \frac{\sin\theta}{\sin\gamma} \delta\theta.$$

Pour avoir, en valeur absolue, le maximum $\Delta\gamma$ du premier membre de l'équation, il faut substituer à $\delta\theta$ sa plus grande valeur, qui est de $8'',5$, en ne tenant compte que de la nutation *due à l'action de la Lune*. Nous adopterons en outre $\frac{1}{88}$ pour la masse de notre satellite, et nous remarquerons que $\frac{\mu}{m}$ exprimant le rapport des vitesses angulaires de la Terre autour de son axe, et de la Lune dans son orbite, est égal au quotient du mois sidéral lunaire par le jour sidéral, c'est-à-dire au nombre 27,40.

Cela posé, nous aurons

$\text{Log}\,\frac{2}{5} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ \bar{1},6021$

$\text{Log}\,\frac{T+L}{L} = \log 89 = \ldots\ldots\ldots\ 1,9493$

$\text{Log}\,\frac{a^2}{\rho^2} = 2\log\frac{1}{60,67} = \ldots\ldots\ldots\ \bar{4},4340$

$\text{Log}\,\frac{\mu}{m} = \log 27,40 = \ldots\ldots\ldots\ 1,4377$

$\text{Log}\,\sin 23^\circ 28' 54'' = \ldots\ldots\ldots\ \bar{1},6001$

$\text{Log}\,\cos 5^\circ 8' 48'' = \ldots\ldots\ldots\ 1,0472$

$\text{Log}\,8,5 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 0,9294$

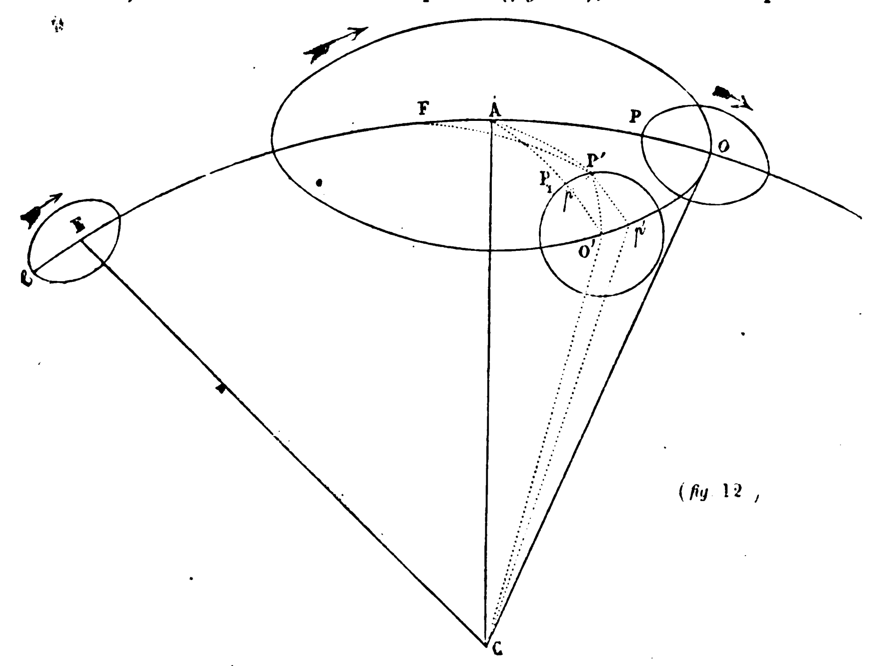
d'où $\text{Log}\,\Delta\gamma = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 0,9998$

$$\Delta\gamma = 9'',9.$$

Le calcul donne ainsi 9″,9 pour la demi-amplitude de la nutation de l'orbite lunaire; mais ce résultat est un peu trop fort, parce que le moment d'inertie C est moindre en réalité que dans l'hypothèse d'une Terre homogène. Il vaut mieux adopter le nombre 8″,0 qui a été déduit par Burg de l'observation, ou celui de 8″,6, qu'a adopté M. Damoiseau, et l'on voit même que ce nombre pourrait servir à déterminer C, et par suite la loi de la densité dans l'intérieur de la Terre, si la nutation $\delta\theta$ pouvait être déterminée avec une assez grande exactitude.

IV.

Cherchons actuellement la marche que le pôle vrai de l'orbite suit autour du pôle moyen par l'effet de la perturbation qui nous occupe. On sait qu'on peut représenter la nutation de l'axe de la Terre, en faisant décrire à son pôle *e* (*fig.* 12), autour de sa posi-



tion moyenne E, une petite ellipse peu excentrique dont le grand axe passe constamment par le pôle de l'écliptique. Ce mouvement

est rétrograde et s'accomplit dans une période de 18 ans $\frac{2}{3}$, de telle manière que le pôle de l'équateur revient au sommet de l'ellipse le plus éloigné du pôle de l'écliptique, toutes les fois que le nœud ascendant de l'orbite passe par l'équinoxe du printemps. A cette même époque, c'est-à-dire lorsque le pôle moyen de l'orbite est en O, son pôle vrai est en P, au minimum de distance du point A, puisque la plus petite valeur de l'angle γ correspond à la plus grande valeur de l'angle θ, et réciproquement. En outre, de ce que les variations de ces deux angles sont proportionnelles, il résulte qu'on peut regarder le point P comme décrivant autour du point O une courbe semblable à celle que décrit le point e autour du pôle E, c'est-à-dire une trajectoire sensiblement circulaire.

De l'égalité qui existe entre la durée de la révolution du point O autour du point A et le temps de la nutation de l'orbite, résulte une seconde manière plus simple que la précédente d'interpréter géométriquement cette perturbation. Supposons en effet le point O arrivé en O'. L'inégalité qui nous occupe consiste en ce que le rayon vecteur OP, au lieu d'être venu en $O'P_1$ dans la direction du point A, est venu en O'P', faisant avec $O'P_1$ un angle égal à l'angle OAO'. La trajectoire du pôle vrai P' est une épicycloïde; mais il est facile de montrer que le contour de cette courbe ne s'écarte jamais que d'une petite fraction de seconde, d'une circonférence qui aurait AO pour rayon, et dont le centre F serait situé sur l'arc de grand cercle qui passe par les pôles de l'équateur et de l'écliptique, à une distance de ce dernier égale à OP.

En effet, si l'on considère les petits triangles sphériques de la figure comme rectilignes, et que l'on pose

$$AP' = \delta, \quad AO' = R, \quad O'P' = FA = r, \quad P'AO = \alpha, \quad P'AO' = \beta,$$

on a par le triangle FAP'

$$\overline{FP'}^2 = r^2 + \delta^2 + 2\,\delta r \cos\alpha,$$

et par le triangle AP'O'

$$R^2 = r^2 + \delta^2 + 2\,\delta r \cos(P'O'A + P'AO').$$

Or,

$$P'O'A + P'AO' = P'AO + 2P'AO' = \alpha + 2\beta,$$

d'où

$$R^2 = r^2 + \delta^2 + 2\delta r \cos(\alpha + 2\beta).$$

Il vient donc, en comparant les valeurs de $\overline{FP'}^2$ et de R^2,

$$\overline{FP'}^2 - R^2 = 2\delta r \left[\cos(\alpha + 2\beta) - \cos\alpha\right] = 4\delta r \sin(\alpha + \beta)\sin\beta,$$

d'où

$$\frac{FP' - R}{r} = \frac{4\delta}{FP' + R}\sin(\alpha + \beta)\sin\beta.$$

Or, sin β est toujours moindre que sin 8″, $\frac{4\delta}{FP' + R} < 2$; donc la différence entre FP′ et R est toujours une très-petite fraction de r, et il est aisé de voir qu'elle n'atteint jamais un millième de seconde. On peut donc regarder FP′ comme constant, et par conséquent le pôle de l'orbite comme décrivant une circonférence dont le pôle est en F. En d'autres termes, l'axe de l'orbite décrit un cône circulaire, non pas autour de CA, mais autour de CF, qui est située dans l'angle des lignes CE et CA, et très-faiblement inclinée sur celle-ci. Cette inclinaison est égale à la valeur maximum de $\delta\gamma$, c'est-à-dire à 8″.

Ainsi, l'on peut représenter l'inégalité qui dépend de la nutation de l'axe terrestre et qui provient par conséquent de l'attraction exercée sur la Lune par le ménisque équatorial, en concevant que l'orbe lunaire, au lieu de se mouvoir uniformément sur l'écliptique avec une inclinaison constante, se meut, avec les mêmes conditions, sur le plan qui a CF pour axe, c'est-à-dire qui passe par les équinoxes entre l'équateur et l'écliptique, avec une inclinaison de 8″ sur ce dernier plan.

La précession, que nous avons laissée provisoirement de côté, consiste en un mouvement conique de CE autour de CA. De même que la nutation, ce phénomène, qui provient, pour la plus grande partie, des attractions mutuelles de la Terre et de la Lune, réagit sur le mouvement de l'axe de l'orbite; mais il ne donne lieu qu'à des inégalités séculaires. Nous ne ferons qu'une remarque sur les

déplacements corrélatifs qui en résultent pour les pôles de l'équateur et de l'orbite : c'est que ces deux points se retrouvent avec le pôle de l'écliptique sur un même grand cercle, toutes les fois que le nœud ascendant revient à l'équinoxe du printemps. C'est sur cet arc de grand cercle qu'est constamment situé le point F qui suit le mouvement de AE, et par conséquent le plan dont ce point est le pôle passe *constamment* par la ligne des équinoxes dont nous parlions tout à l'heure, en suivant le mouvement rétrograde de cette ligne sur le plan de l'écliptique.

V.

De l'équation en latitude que la nutation de l'orbite introduit dans la théorie de la Lune.

Commençons par exprimer en fonction du temps les inégalités dont sont affectés, par suite de cette nutation, l'inclinaison de l'orbite et le mouvement angulaire du nœud; pour cela, nous reprendrons l'équation

$$\mu C \sin\theta\, \delta\theta = -\frac{T.L}{T+L} m\rho^2 \sin\gamma\, \delta\gamma,$$

dans laquelle il faudra substituer à la nutation $\delta\theta$ de l'axe terrestre, son expression analytique.

Cette expression est, d'après le n° 5 du livre V de la *Mécanique céleste,*

$$\delta\theta = \frac{3\,L}{2\,\mu\rho^3}\,\frac{C-A}{C}\,\frac{1}{i}\sin\gamma\cos\theta\cos it,$$

en désignant par — it la longitude moyenne du nœud ascendant, et l'origine du temps étant fixée au moment où ce nœud coïncide avec l'équinoxe du printemps.

On trouve, en substituant et réduisant,

$$\delta\gamma = -\frac{3}{2}\,\frac{T+L}{\rho^3}\,\frac{C-A}{T\rho^2}\,\frac{1}{mi}\sin\theta\cos\theta\cos it,$$

et comme

$$\frac{T+L}{\rho^2} = m^2,$$

$$\delta\gamma = -\frac{3}{2}\frac{C-A}{T\rho^2}\frac{m}{i}\sin\theta\cos\theta\cos it = -H\cos it,$$

en posant

$$H = \frac{3}{2}\frac{C-A}{T\rho^2}\frac{m}{i}\sin\theta\cos\theta.$$

On a d'ailleurs (*fig.* 12)

$$\delta\gamma = -\frac{PO'}{O'C} = -\frac{P'O'}{O'C}\cos it.$$

Donc

$$H = \frac{P'O'}{O'C}.$$

La même figure donne, pour l'inégalité du mouvement du nœud,

$$\delta\psi = \frac{O'p'}{O'A} = \frac{O'P'\sin it}{O'C.\gamma} = \frac{H}{\gamma}\sin it.$$

D'ailleurs, lorsque nous avons cherché, à la fin du chapitre III, l'équation en latitude qui résultait d'une perturbation dans le mouvement de l'orbite, nous avons trouvé

$$\delta l = \delta\gamma\sin(m-i)t - \gamma\delta\psi\cos(m-i)t.$$

Donc

$$\delta l = -H[\sin(m-i)t\cos it + \cos(m-i)t\sin it] = -H\sin mt.$$

Ainsi, les inégalités lunaires en latitude, dues à l'aplatissement de la Terre, se réduisent à une seule qui a pour argument la longitude vraie de la Lune. Ce résultat est conforme à celui que trouve Laplace au chapitre II du livre VII de la *Mécanique céleste*.

Si l'on remet pour H sa valeur, il vient

$$\delta l = -\frac{3}{2}\frac{C-A}{T\rho^2}\frac{m}{i}\sin\theta\cos\theta\sin mt.$$

Cette formule peut nous servir à déterminer l'aplatissement terrestre par l'observation de la Lune; cette observation donne en effet, d'après Burg, pour l'inégalité précédente

$$\delta l = -8'' \sin mt,$$

ou, en exprimant le coefficient en partie du rayon,

$$\delta l = -\frac{8}{206265} \sin mt.$$

On aura donc, en comparant les deux expressions précédentes de δl,

$$\frac{3}{2}\frac{C-A}{T\rho^2} = \frac{2}{\sin 2\theta}\frac{i}{m}\frac{8}{206265}$$

Remplaçons ρ^2 par $\frac{\rho^2}{a^2}a^2$, a désignant le rayon terrestre; il vient

$$\frac{3}{2}\frac{C-A}{Ta^2} = \frac{1}{\sin 2\theta}\frac{i}{m}\frac{\rho^2}{a^2}\frac{2.8}{206265}$$

Calculons le second membre :

$$\log\frac{1}{\sin 2\theta} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 0{,}136$$

$$\log\frac{i}{m} = \log\frac{27{,}32}{6793} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \bar{3}{,}604$$

$$\log\frac{\rho^2}{a^2} = 2\log.60{,}67 = \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3{,}566$$

$$\log(2.8) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1{,}204$$

$$\log\frac{1}{206265} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \bar{6}{,}686$$

$$\log\left(\frac{3}{2}\frac{C-A}{Ta^2}\right) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \bar{3}{,}196$$

$$\frac{3}{2}\frac{C-A}{Ta^2} = 0{,}001570.$$

On pourrait déduire de là l'*aplatissement mécanique* du sphéroïde terrestre. Pour avoir son aplatissement physique, il faut partir de l'équation suivante, que l'on trouve dans la théorie de la figure des corps célestes (*Mécan. cél.*, liv. V, n° 2, et liv. XIV, n° 3, p. 324) :

$$\frac{3}{2}\frac{C-A}{Ta^2} = \alpha h - \frac{1}{2}\alpha\varphi,$$

αh étant l'ellipticité du sphéroïde terrestre, et $\alpha\varphi$ le rapport de la force centrifuge à la pesanteur à l'équateur. On a

$$\frac{1}{2}\alpha\varphi = \frac{1}{2.289} = 0,001730.$$

En ajoutant ce nombre à la valeur 0,001570 de $\frac{3}{2}\frac{C-A}{Ta^2}$, on trouve

$$\alpha h = 0,003300 = \frac{1}{304}.$$

Tel est aussi le nombre donné par Laplace, et l'on voit que l'inégalité en latitude que nous venons d'étudier est très-propre à faire connaître l'aplatissement terrestre avec la même exactitude que les mesures géodésiques; cet aplatissement n'est pas celui de tel ou tel méridien, mais une sorte d'aplatissement *moyen*, indépendant des irrégularités de la figure du globe. Le nombre que nous venons de trouver répond au coefficient 8",0 adopté par Burg pour la nutation de l'orbite. Si l'on adoptait, avec M. Damoiseau, 8",6, on arriverait, pour ce même aplatissement, à la fraction $\frac{1}{294}$.

Il n'y a pas lieu de rechercher l'inégalité en latitude qui pourrait provenir de la non-sphéricité de la Lune; car nous avons vu que l'axe de rotation de cet astre se maintenant toujours dans le plan des axes de l'écliptique et de l'orbite lunaire, il en résultait que la nutation de notre satellite ne pouvait produire, dans le mouvement de son orbite, aucune réaction appréciable à l'observation. Telle est aussi la conclusion à laquelle Laplace est parvenu, en

étudiant directement les termes que la non-sphéricité de la Lune pourrait introduire dans la théorie de cet astre; et si l'on cherche le sens géométrique caché sous les formules de la *Mécanique céleste,* on peut s'assurer que ce qui rend ces termes insensibles, c'est justement la coïncidence constante découverte par Cassini entre la ligne des nœuds et celle des équinoxes lunaires.

VI.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

En analysant les effets des diverses causes qui contribuent au déplacement de l'orbite lunaire, nous avons déterminé séparément ceux qui dépendent de l'action du couple accélérateur envoyé par le Soleil, et ceux qui sont dus à la réaction du mouvement de l'axe terrestre. Ces perturbations d'origine différente se superposent d'après la loi ordinaire des petits mouvements, et il résulte de là que la nutation de l'orbe lunaire est indépendante de l'intensité du couple perturbateur, et ne serait pas altérée lors même que ce couple se réduirait à zéro, pourvu qu'il n'y eût rien de changé dans le déplacement de l'axe terrestre. Il faut observer toutefois que, dans la nature, ces deux dernières hypothèses sont inconciliables, puisque la nutation terrestre est intimement liée à la rétrogradation du nœud, et que celle-ci dépend du couple accélérateur.

Nous insisterons encore sur la connexion qui existe entre les principaux phénomènes qui proviennent de la non-sphéricité de la Terre et de son satellite, et qui sont :

1° La précession des équinoxes et la nutation de l'axe terrestre;
2° La libration réelle de la Lune;
3° La nutation de l'orbite lunaire.

La plus grande partie de la précession est due, on le sait, à l'action de la Lune sur le ménisque terrestre; c'est cette même cause qui produit la presque totalité de la nutation, laquelle peut être considérée comme une simple inégalité du phénomène précé-

dent, inégalité dont la période est réglée par la durée de la révolution des nœuds de l'orbite.

Cette même durée détermine aussi la période du mouvement conique de l'axe de la Lune autour de l'axe de l'écliptique, mouvement qui constitue la partie de la libration réelle découverte par Cassini. Ce déplacement conique est analogue à la nutation terrestre; mais il n'est pas, comme celle-ci, une simple inégalité de la précession. Dans le sphéroïde lunaire, les deux phénomènes se confondent en un seul; et cela tient, comme le montre clairement la théorie géométrique de la libration, à ce que ce sphéroïde, au lieu d'être un corps de révolution comme notre globe, est un ellipsoïde à trois axes inégaux, dont le plus grand est constamment dirigé vers la Terre. Il résulte de là, en effet, que l'attraction de la planète sur le ménisque lunaire, en même temps qu'elle établit une égalité constante entre les mouvements moyens de rotation et de révolution du satellite, maintient constamment l'axe de ce dernier dans le plan qui passe par les axes de l'orbite lunaire et de l'écliptique.

La nutation de l'orbite est, comme nous l'avons vu, une réaction des phénomènes précédents; elle a donc pour causes mécaniques l'attraction du ménisque terrestre sur la Lune, et celle du ménisque lunaire sur la planète. Théoriquement, il devrait résulter de cette dernière attraction, aussi bien que de la première, un déplacement de l'orbite que décrit la Lune autour du centre de gravité commun des deux corps; mais nous avons vu que, par suite de la permanence dans un même plan des trois axes dont nous avons parlé plus haut, l'effet de cette action du ménisque lunaire était insensible à l'observation.

La théorie des couples est éminemment propre à donner une explication claire de cet ensemble de faits astronomiques (1), et nous avons essayé de montrer que, loin de se restreindre à ce qui concerne les corps solides, elle pouvait s'étendre, conformément aux idées de son illustre auteur, à un système de figure variable,

(1) Voir : 1° *Précession des équinoxes*, par M. Poinsot; *Connaissance des temps*. 1858.
2° *Libration réelle de la Lune*, par l'auteur du présent Mémoire. — Mallet-Bachelier. 1857.

du moins en tout ce qui dépendrait analytiquement des équations des aires.

Cette même méthode pourrait s'appliquer avec quelques modifications à plusieurs points de la théorie des satellites de Jupiter et des anneaux de Saturne. Nous nous bornerons ici à quelques remarques qui se présentent d'elles-mêmes.

Nous avons vu que l'inégalité qui constitue la nutation de l'orbe lunaire pouvait se représenter en concevant que cet orbe se meut, avec une inclinaison constante, sur un plan passant constamment par les équinoxes, entre l'écliptique et l'équateur terrestre. Si l'on se reporte aux résultats précédents, on voit facilement que l'angle formé par ce plan fixe et l'écliptique devrait croître avec la grandeur du ménisque de la planète, et diminuer, au contraire, si la distance des deux astres venait à augmenter. On en conclut immédiatement que le phénomène que nous venons de rappeler doit se reproduire d'une manière bien plus sensible dans les mouvements des satellites de Jupiter, et d'autant plus, pour chacun d'eux, qu'il est plus voisin de la planète. L'observation montre en effet que les plans fixes relatifs aux divers satellites, au lieu d'être, comme pour la Lune, très-peu inclinés sur l'orbite de la planète, sont beaucoup moins rapprochés de cette orbite que de l'équateur, et les angles qu'ils font avec ce dernier plan augmentent à mesure que l'on s'éloigne de Jupiter. C'est ainsi que le plan fixe sur lequel se meut l'orbe du premier satellite n'est incliné *sur l'équateur* que de 7″; cette inclinaison est de 1′ 5″ pour le second, de 5′ pour le troisième, de 24′ 4″ pour le quatrième.

C'est aussi en vertu de son aplatissement considérable et du grand éloignement du Soleil que Saturne retient son anneau et ses sept premiers satellites dans le plan de son équateur.

DÉMONSTRATION

DE

PLUSIEURS FORMULES DE GAUSS

RELATIVES A L'ACTION MUTUELLE DE DEUX AIMANTS;

PAR M. ABRIA.

Dans son Mémoire sur la mesure de l'intensité absolue du magnétisme terrestre (1), Gauss fait voir que lorsqu'une aiguille aimantée est déviée de sa position d'équilibre par l'action d'un barreau dirigé normalement au méridien magnétique et placé sur une perpendiculaire à ce méridien menée par le centre de l'aiguille, on a la relation :

$$\tang u = 2\frac{M}{T} \cdot \frac{1}{R^3},$$

M représentant le moment magnétique du barreau,
T la composante horizontale de la force terrestre,
R la distance des centres du barreau et de l'aiguille,
u l'angle de deviation de cette dernière.
R est supposé assez grand pour qu'on puisse négliger les termes qui renferment au dénominateur les puissances de R supérieures à la quatrième.

Cette formule est d'une extrême importance dans la théorie et dans les applications du magnétisme, et il n'est pas sans intérêt d'en donner une démonstration accessible à ceux qui suivent les leçons de physique préparatoire à la licence. Celle de l'illustre

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome LVII.

géomètre de Gœttingue est aussi complète que possible; mais, à cause de sa généralité même et de la longueur des calculs auxquels elle conduit, il est difficile de la présenter dans les Cours. On peut cependant, en se bornant au cas où l'aiguille et le barreau sont réduits à leurs axes, simplifier considérablement les calculs, et arriver à la formule de Gauss sans entrer dans de trop longs détails. Ce cas simple facilite d'ailleurs l'intelligence du cas général, et suffit, du reste, comme exposition théori ', Gauss luimême ayant admis dans les deux aimants une distribution symétrique du magnétisme. Pour ces divers motifs je donne ici cette démonstration, en suivant d'ailleurs la marche générale, marche facile à saisir et qui offre l'avantage de présenter une belle application du principe des vitesses virtuelles.

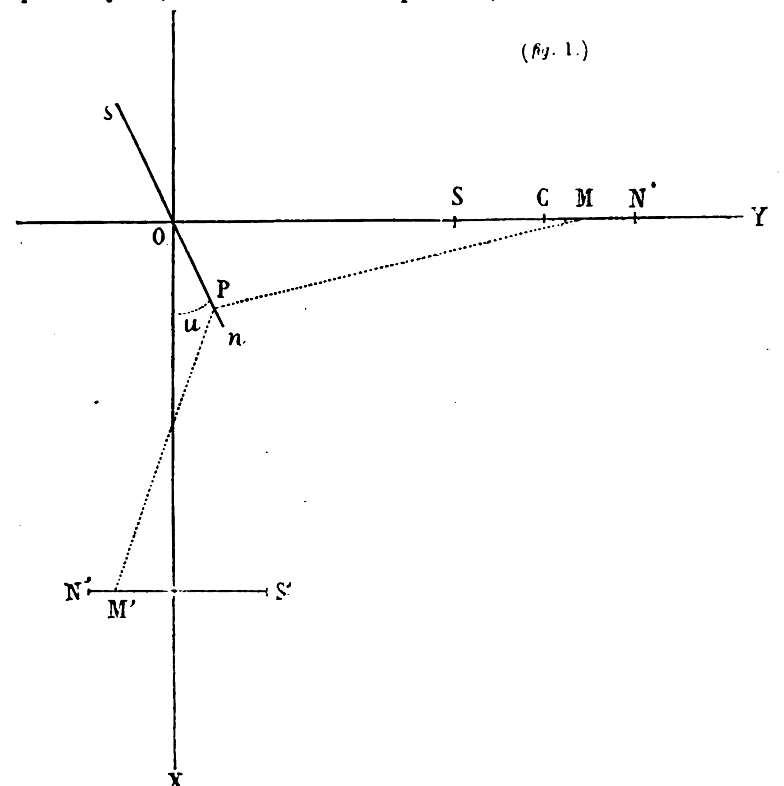
L'aiguille et le barreau sont supposés formés d'une série d'éléments magnétiques tels, que chacun d'eux a son pôle austral dirigé vers l'une des extrémités du corps magnétique, et son pôle boréal dirigé vers l'autre extrémité. Les quantités de magnétisme austral et boréal de chaque élément sont parfaitement égales, et ces éléments eux-mêmes sont distribués symétriquement de part et d'autre du centre de figure. Il résulte de cette hypothèse, que si l'on appelle E la quantité de magnétisme austral renfermé dans un élément quelconque, celle de magnétisme boréal contenu dans le même élément sera — E, et la somme ΣE étendue à tous les éléments magnétiques du corps sera nulle. De même, si l'on représente par A la distance de l'élément magnétique considéré au centre de figure, il existera un second élément possédant une égale quantité de magnétisme libre — E, et dont la distance au centre sera — A. Les valeurs des produits A^2E, A^4E, $A^{2n}E$, seront donc égales et de signes contraires; par suite, on aura $\Sigma A^2E = o$, $\Sigma A^4E = o$, $\Sigma A^{2n}E = o$.

Au contraire, les produits ΣAE, ΣA^3E, $\Sigma^{2n+1} E$ ne seront pas nuls.

Le premier est le moment magnétique du corps, que nous désignerons en général par M.

Soient maintenant OX, OY, deux axes dirigés, le premier, suivant le méridien magnétique; le second, suivant une perpendiculaire à ce même méridien. L'aiguille *ns*, dirigée d'abord suivant OX, est sollicitée par le barreau NS, et se trouve déviée d'un angle *u* de sa position d'équilibre.

Les différents points du barreau NS exercent sur ceux du barreau *ns* des actions dirigées pour chacun d'eux, suivant la droite qui les joint, et attractives ou répulsives, suivant la nature des



éléments magnétiques d'où émanent les actions considérées. Pour trouver la condition d'équilibre en partant du principe des vitesses virtuelles, il suffit de considérer les déplacements virtuels de l'aiguille *ns* autour de l'axe projeté en O, et d'exprimer que la somme des produits des forces par les projections sur leurs directions de ces mêmes déplacements est égale à zéro.

Soient P un point quelconque de l'aiguille, e la quantité de magnétisme libre en ce point, $oP = a$, a étant supposé positif ou négatif, suivant que le point P se trouvera dans la région *on* ou dans la région *os*.

Soit de même M un point quelconque du barreau, E la quantité de magnétisme libre en ce point, $CM = A$.

Posons $MP = r$, $oC = R$.

Le principe des vitesses virtuelles donne pour le terme provenant de la composante terrestre appliquée en P, en appelant T la composante horizontale de la force magnétique terrestre,

$$Te\,dx,$$

et pour tous les éléments de l'aiguille

$$\Sigma\, Te\,dx.$$

Le même principe donne pour le terme provenant de l'action de M sur P :

$$\frac{eE}{r^2}\,dr,$$

et pour tous les éléments :

$$\Sigma \frac{eE}{r^2}\,dr,$$

le signe Σ s'étendant à tous les éléments de l'aiguille et du barreau.

L'équation de condition est donc

$$\Sigma\, Te\,dx + \Sigma \frac{eE}{r^2}\,dr = o,$$

ou

$$\Sigma\, Te\,dx - \Sigma\, eEd\,(r^{-1}) = o,$$

en remarquant que

$$\frac{dr}{r^2} = -d\,(r^{-1}).$$

Remplaçons les variables x et r par la variable u. On a :

$$x = a\cos u \qquad \text{d'où} \qquad dx = -a\sin u\,du,$$

$$\begin{aligned} r^2 &= a^2\cos^2 u + (R + A - a\sin u)^2, \\ &= a^2\cos^2 u + R^2 + A^2 + a^2\sin^2 u + 2AR - 2Ra\sin u - 2Aa\sin u, \\ &= R^2 + 2(A - a\sin u)R + A^2 + a^2 - 2Aa\sin u, \\ &= p + q, \end{aligned}$$

en posant :

$$p = R^2 + 2(A - a \sin u) R,$$

$$q = A^2 + a^2 - 2Aa \sin u.$$

On a ainsi :

$$r^{-1} = (p+q)^{-\frac{1}{2}} = p^{-\frac{1}{2}} - \frac{1}{2} p^{-\frac{3}{2}} q + \frac{3}{2^3} \cdot p^{-\frac{5}{2}} q^2 - \frac{5}{2^4} p^{-\frac{7}{2}} q^3$$

$$p = R^2 + 2(A - a \sin u) R = R^2 + 2SR,$$

en posant :

$$S = A - a \sin u.$$

Développant et négligeant les termes qui amèneraient des puissances négatives de R supérieures à la cinquième, on obtient successivement :

$$p^{-\frac{1}{2}} = (R^2 + 2sR)^{-\frac{1}{2}} = R^{-1} - sR^{-2} + \frac{3}{2} s^2 R^{-3} - \frac{5}{2} s^3 R^{-4} + \frac{5.7}{2^3} s^4 R^{-5}$$

$$p^{-\frac{3}{2}} = (R^2 + 2sR)^{-\frac{3}{2}} = R^{-3} - 3sR^{-4} + \frac{3.5}{2} s^2 R^{-5}$$

$$p^{-\frac{5}{2}} = (R^2 + 2sR)^{-\frac{5}{2}} = R^{-5}$$

$$r^{-1} = \left\{ \begin{aligned} & R^{-1} - (A - a \sin u) R^{-2} \\ & + \left(A^2 - \frac{1}{2} a^2 - 2Aa \sin u + \frac{3}{2} a^2 \sin^2 u\right) R^{-3} \\ & - \left(A^3 - \frac{3}{2} A a^2 - 3A^2 a \sin u + \frac{3}{2} a^3 \sin u + \frac{9}{2} A a^2 \sin^2 u \right. \\ & \qquad \left. - \frac{5}{2} a^3 \sin^3 u\right) R^{-4} \\ & + \left\{ \begin{aligned} & A^4 - 3A^2a^2 + \frac{3}{8} a^4 - 4A^3 a \sin u + 6Aa^3 \sin u + 9A^2a^2 \sin^2 u \\ & - \frac{15}{4} a^4 \sin^2 u - 10Aa^3 \sin^3 u + \frac{35}{8} a^4 \sin^4 u \end{aligned} \right\} R^{-5} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{d(r^{-1})}{du} = \begin{cases} a \cos u \, R^{-2} \\ -(2\,A\,a \cos u - 3\,a^2 \sin u \cos u)\,R^{-3} \\ +\left(3\,A^2 a \cos u - \frac{3}{2} a^3 \cos u - 9\,A\,a^2 \sin u \cos u + \frac{15}{2} a^3 \sin^2 u \cos u\right) R^{-4} \\ -\left(4\,A^3\,a \cos u - 6\,A a^3 \cos u - 18\,A^2\,a^2 \sin u \cos u + \frac{15}{2} a^4 \sin u \cos u \right. \\ \qquad \left. + 30\,A a^3 \sin^2 u \cos u - \frac{35}{2} a^4 \sin^3 u \cos u\right) R^{-5} \\ + \ldots\ldots \end{cases}$$

L'équation de condition devient en y substituant les valeurs de dx et de $d\,(r^{-1})$:

$$\Sigma\, T\,a\,e \sin u + \Sigma\, e\,E\,a \cos u\,R^{-2} - \Sigma\, e\,E\,(2\,A a \cos u - 3\,a^2 \sin u \cos u)\,R^{-3}$$

$$+\sum e\,E\left(3\,A^2 a \cos u - \frac{3}{2} a^3 \cos u - 9\,A\,a^2 \sin u \cos u + \frac{15}{2} a^3 \sin^2 u \cos u\right) R^{-4}$$

$$-\sum e\,E\left(4\,A^3 a \cos u - 6\,A a^3 \cos u - 18\,A^2\,a^2 \sin u \cos u + \frac{15}{2} a^4 \sin u \cos u \right.$$

$$\left. + 30\,A a^3 \sin^2 u \cos u - \frac{35}{2} a^4 \sin^3 u \cos u\right) R^{-5} + \ldots = 0$$

Le premier terme $\Sigma\, T\,a\,e \sin u = T \sin u\; \Sigma\, a\,e = m\,T \sin u$ en appelant m le moment magnétique de l'aiguille.

Pour calculer le second terme $\Sigma\, e\,E\,a \cos u\,R^{-2}$, supposons que le point P restant le même, on étende la somme à tous les points du barreau NS; ce terme devient $e\,a \cos u\,R^{-2}\,\Sigma\,E = o$, car $\Sigma\,E = o$.

Le troisième terme $\Sigma\, e\,E\,(2\,A a \cos u - 3\,a^2 \sin u \cos u)\,R^{-3}$ devient $2\,m\,M \cos u\,R^{-3}$, en appelant M le moment magnétique du barreau, et remarquant que la partie $\Sigma\, 3\,e\,E\,a^2 \sin u \cos u\,R^{-3}$ s'évanouit, soit parce que $\Sigma\,E = o$, soit parce que $\Sigma\,a^2\,e = o$.

Le quatrième terme, qui renferme R^{-4}, s'évanouit en tenant compte des conditions :

$$\Sigma\,E = o, \qquad \Sigma\,A^2\,E = o, \qquad \Sigma\,a^2\,e = o.$$

Enfin, le cinquième devient :

$$(+ 4\, m\, M' \cos u - 6\, Mm' \cos u + 30\, Mm' \sin^2 u \cos u)\, R^{-5}$$

en posant

$$\Sigma A^3 e = M', \qquad \Sigma A^3 e = m'.$$

On a finalement, pour l'équation de condition :

$$m T \sin u - 2 m M \cos u R^{-3} - (4 m M' - 6 M m' + 30 M m' \sin^2 u) \cos u R^{-5} = o$$

d'où

$$\operatorname{tang} u = 2 \frac{M}{T} \cdot \frac{1}{R^3} + \left(4 \frac{M'}{T} - 6 \frac{M}{T} \cdot \frac{m'}{m} + 30 \frac{M}{T} \cdot \frac{m'}{m} \sin^2 u\right) \frac{1}{R^5}$$

et

$$\operatorname{tang} u = 2 \frac{M}{T} \cdot \frac{1}{R^3} \qquad (1)$$

en négligeant le terme affecté de R^{-5}.

Ainsi, dans cette hypothèse, la tangente de la déviation de l'aiguille et la déviation elle-même, si elle est peu considérable, sont proportionnelles au moment magnétique du barreau et en raison inverse du cube de la distance R. Mais si l'on est obligé de tenir compte du terme en R^{-5}, l'expression qui donne la valeur de u est plus compliquée, le coefficient de ce terme renfermant u et d'autres quantités qui dépendent des états magnétiques du barreau et de l'aiguille. Dans le cas cependant où la déviation de l'aiguille est très-petite, on peut négliger le terme en $\sin^2 u$ dans le coefficient de R^{-5}, et représenter tang u par une expression de la forme

$$\operatorname{tang} u = \frac{p}{R^3} + \frac{q}{R^5}$$

p et q étant des constantes qui pourront être calculées dans chaque cas au moyen de deux observations. D'après les expériences faites par Gauss et Wéber, on peut négliger le terme en R^{-5} dès que R surpasse le quadruple de la longueur des aiguilles.

Si le barreau SN est transporté en N′S′ (*fig.* 1re), son axe étant toujours perpendiculaire au méridien magnétique, mais son centre se trouvant sur ce méridien lui-même, la déviation de l'aiguille aimantée se trouve être pour la même valeur de R la moitié de celle correspondante à la première position du barreau. En conservant les notations précédentes et désignant par u' la nouvelle valeur de u, on a en effet :

$$x = a \cos u' \qquad \text{d'où} \qquad dx = - a \sin u' \, du'$$

$$\begin{aligned} r^2 &= (\mathrm{R} - a \cos u')^2 + (\mathrm{A} + a \sin u')^2 \\ &= \mathrm{R}^2 - 2\, a\, \mathrm{R} \cos u' + \mathrm{A}^2 + a^2 + 2\, \mathrm{A} a \sin u' \\ &= p + q \end{aligned}$$

en posant :

$$\begin{aligned} p &= \mathrm{R}^2 - 2\, a\, \mathrm{R} \cos u' \\ q &= \mathrm{A}^2 + a^2 + 2\, \mathrm{A} a \sin u' \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} p &= \mathrm{R}^2 + 2\, s\, \mathrm{R} \\ s &= - a \cos u'. \end{aligned}$$

En négligeant dans le développement de r^{-1} les puissances de R inférieures à R^{-3}, on obtient sans difficulté :

$$r^{-1} = \left\{ \begin{array}{l} \mathrm{R}^{-1} + a \cos u' \, \mathrm{R}^{-2} \\ + \left\{ \dfrac{3}{2} a^2 \cos^2 u' - \dfrac{1}{2} (\mathrm{A}^2 + a^2 + 2\, \mathrm{A} a \sin u') \right\} \mathrm{R}^{-3} + \text{etc.} \end{array} \right.$$

$$\frac{d\,(r^{-1})}{du'} = - a \sin u' \, \mathrm{R}^{-2} - (3\, a^2 \cos u' \sin u' + \mathrm{A} a \cos u')\, \mathrm{R}^{-3}$$

L'équation de condition devient :

$$\Sigma \mathrm{T} e a \sin u' - \Sigma e \mathrm{E} a \sin u' \, \mathrm{R}^{-2} - \Sigma e \mathrm{E} (3 a^2 \cos u' \sin u' + \mathrm{A} a \cos u')\, \mathrm{R}^{-3} = o,$$

ou

$$m \text{ T} \sin u' - m \text{ M} \cos u' \text{ R}^{-3} = o$$

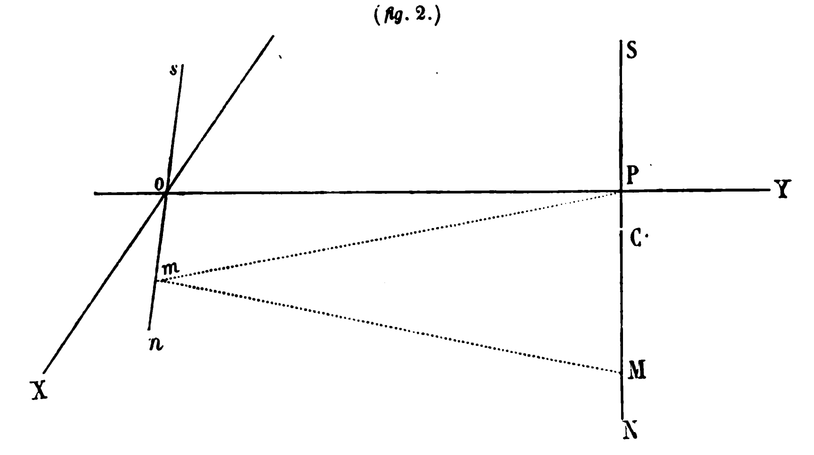
d'où

$$\text{tang } u' = \frac{\text{M}}{\text{T}} \cdot \frac{1}{\text{R}^3} = \frac{1}{2} \text{ tang } u \qquad (2).$$

Les relations exprimées par les formules (1) et (2) sont extrêmement importantes et susceptibles d'applications nombreuses. Ainsi d'après la première, qu'il suffit de considérer, la déviation éprouvée par une aiguille aimantée, soumise à l'action d'un barreau dirigé normalement au méridien magnétique et placé sur la perpendiculaire à ce méridien menée par le centre de l'aiguille, est indépendante de l'état magnétique de celle-ci, proportionnelle au moment magnétique du barreau et en raison inverse du cube de la distance. Si donc l'on se borne à des déviations très-petites, déviations qu'on peut mesurer exactement à l'aide du procédé employé par Gauss et Wéber dans leurs recherches sur le magnétisme terrestre, on peut obtenir la valeur du moment magnétique d'un barreau en fonction de la composante horizontale de la force terrestre, et comparer les moments de barreaux différents en ramenant par le calcul, si cela est nécessaire, les résultats à une distance constante. La formule de Gauss fournit donc un nouveau moyen de mesure des intensités magnétiques, moyen aussi commode et plus exact que celui fourni par l'emploi de la balance de torsion, et qui de plus se trouve applicable dans des circonstances où la balance serait d'un emploi peu commode. On sait le parti que M. Muller en a tiré dans ses recherches sur l'aimantation du fer doux par les courants électriques, et il n'est pas douteux qu'elle ne puisse être encore avantageuse dans beaucoup d'autres circonstances. On peut, par exemple, vérifier très-rapidement, à l'aide de cette formule, que, conformément aux indications de Coulomb, le moment magnétique d'un fil d'acier dont on diminue successivement la longueur, décroît de quantités sensiblement proportionnelles au décroissement des longueurs : la diminution du moment magnétique devient moindre néanmoins à mesure que la longueur du fil devient elle-même moins considérable; de sorte que la courbe construite, en prenant ces moments pour ordonnées et les longueurs du fil pour abscisses, est légèrement convexe vers l'axe sur lequel ces dernières sont comptées.

Examinons encore le cas où le barreau, étant toujours placé sur la perpendiculaire au méridien magnétique menée par le centre de

(*fig.* 2.)



l'aiguille, est dirigé verticalement (*fig.* 2). La droite Mm, qui joint deux points quelconques pris sur le barreau et l'aiguille, a pour projection sur le plan XOY la droite m P : soient M$m = r$, mP $= \rho$, oP $=$ R, cP $= \lambda$, les autres grandeurs étant du reste représentées par les mêmes lettres que précédemment.

Le terme provenant de l'action de la terre aura toujours pour expression — m T sin u.

L'action du point M du barreau sur le point m de l'aiguille a pour expression $\frac{e\mathrm{E}}{r^2}$. Cette action est dirigée suivant mM : la composante horizontale suivant mP, qu'il suffit de considérer, a pour valeur

$$\frac{e\mathrm{E}}{r^2}\cos \mathrm{M}m\mathrm{P} = \frac{e\mathrm{E}\rho}{r^3}$$

Le terme provenant de l'action du barreau sur l'aiguille dans l'équation générale déduite du principe des vitesses virtuelles sera

$$\sum \frac{e\,\mathrm{E}\,\rho\, d\rho}{r^3}$$

Il faut maintenant transformer les variables r et ρ en introduisant la variable u et en développant suivant les puissances décroissantes de R.

On a :

$$r^2 = \rho^2 + (A + \lambda)^2$$

$$\frac{\rho\, d\rho}{r^3} = \frac{\rho\, d\rho}{\left(\rho^2 + (A + \lambda)^2\right)^{\frac{3}{2}}} = -d\,.\left(\rho^2 + (A + \lambda)^2\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\rho^2 = a^2 \cos^2 u + (R - a \sin u)^2 = R^2 - 2\,a\,R \sin u + a^2$$

$$\left(\rho^2 + (A + \lambda)^2\right)^{-\frac{1}{2}} = \left(R^2 - 2aR\sin u + a^2 + (A + \lambda)^2\right)^{-\frac{1}{2}} = (p + q)^{-\frac{1}{2}}$$

en posant :

$$p = R^2 - 2\,a\,R \sin u$$
$$q = a^2 + (A + \lambda)^2$$

développant et négligeant les puissances négatives de R supérieures à la quatrième, on obtient successivement :

$$p^{-\frac{1}{2}} = R^{-1} + a \sin u\, R^{-2} + \frac{3}{2}\, a^2 \sin^2 u\, R^{-3} + \frac{5}{2}\, a^3 \sin^3 u\, R^{-4} + \ldots..$$

$$p^{-\frac{3}{2}} = R^{-3} + 3a \sin u\, R^{-4} + \ldots..$$

$$\left(\rho^2 + (A + \lambda)^2\right)^{-\frac{1}{2}} = R^{-1} + a \sin u\, R^{-2}$$
$$+ \left\{ \frac{3}{2}\, a^2 \sin^2 u - \frac{1}{2}\, a^2 - \frac{1}{2}\, (A + \lambda)^2 \right\} R^{-3}$$
$$+ \left\{ \frac{5}{2}\, a^3 \sin^3 u - \frac{3\, a \sin u}{2} \left(a^2 + (A + \lambda)^2\right) \right\} R^{-4}$$
$$+ \ldots..$$

$$\frac{d\,.\left(\rho^2 + (A + \lambda)^2\right)^{-\frac{1}{2}}}{du} = a \cos u\, R^{-2} + 3\, a^2 \sin u \cos u\, R^{-3}$$
$$+ \left\{ \frac{15}{2}\, a^3 \sin^2 u \cos u - \frac{3\, a \cos u}{2} \left(a^2 + (A + \lambda)^2\right)^2 \right\} R^{-4} + \ldots$$

Il ne reste plus qu'à multiplier chacun des termes de cette expression, pris en signe contraire, par e E, et à faire la sommation pour les différents points de l'aiguille et du barreau. Il est aisé de voir que tous les termes disparaissent à cause de la condition $\Sigma E = o$, à l'exception du terme

$$\Sigma\, 3\, e\, E\, a\, A\, \lambda \cos u\, R^{-4},$$

dont la valeur est

$$\frac{3\, m\, M\lambda \cos u}{R^4}.$$

L'équation de condition devient finalement :

$$-\, m\, T \sin u + \frac{3\, m\, M\, \lambda \cos u}{R^4} = o,$$

d'où

$$\text{tang}\, u = \frac{3\, M\, .\, \lambda}{T\, .\, R^4}.$$

Ainsi, dans ce cas, l'action du barreau sur l'aiguille varie en raison inverse de la quatrième puissance de R, et en raison directe de la distance de la ligne neutre de l'aimant au plan horizontal mené par l'aiguille.

La première loi se vérifie très-sensiblement, du moins pour les grandes valeurs de R. Un petit barreau aimanté de 10^c de longueur a donné les déviations suivantes, mesurées à l'aide du magnétomètre :

Valeurs de R.	Valeurs observées de tang u.	Valeurs calculées.
41^c	11,9	» »
58	30,5	29,7
73	13,8	11,8

La seconde loi se vérifie aussi très-sensiblement, ainsi que l'indiquent les expériences suivantes, faites avec le même barreau placé à 50 centimètres environ de l'aiguille. La ligne neutre avait été déterminée en élevant ou abaissant le barreau, jusqu'à ce qu'il

n'exerçât aucune influence sur l'aiguille. On peut fixer ainsi avec une grande précision la position de la ligne neutre : dans la plupart des barreaux que j'ai examinés, elle se trouvait, à fort peu près, au milieu de la longueur. La ligne neutre étant trouvée, on abaissait progressivement le barreau de quantités arbitraires, et on mesurait dans chaque cas la déviation correspondante. J'avais eu soin de placer au-dessous de l'aiguille deux plaques de cuivre rouge, afin d'amortir l'amplitude des oscillations et d'amener rapidement l'aiguille au repos absolu. La règle du magnétomètre divisée en millimètres était à 3 mètres environ du miroir.

Abaissement de la ligne neutre.	Valeurs correspondantes de tang u.	Valeurs calculées.
27^{mm}	52	51,3
38	73	72,2
45	85	85,5
47	90	89,3
50	95	» »

Ainsi que je l'ai dit plus haut, l'aimant avait 100 millimètres de longueur : par conséquent, son extrémité se trouvait, après un abaissement de 50 millimètres, dans le plan horizontal de l'aiguille. En continuant d'abaisser le barreau, la déviation de l'aiguille doit évidemment décroître. C'est aussi ce que l'on observe quand son moment magnétique est peu considérable en comparaison de celui du barreau; mais si cette condition n'est pas satisfaite, la valeur de u augmente notablement à mesure que l'extrémité supérieure du barreau s'abaisse au-dessous du plan horizontal, et le maximum de la déviation arrive beaucoup plus tard. Il n'est pas difficile d'en assigner la cause. A mesure que le pôle S descend au-dessous du plan XOY (*fig.* 2), le pôle n tend à augmenter par influence l'action du pôle S, et il doit résulter de cette action un accroissement dans la valeur de u, accroissement dont le maximum a lieu lorsque l'abaissement de S a atteint une certaine limite qu'il est aisé de déterminer.

En conservant les notations précédentes et appelant z l'abaissement du pôle S au-dessous du plan XOY, on peut admettre que l'intensité du pôle déterminé en S par l'influence de n est proportion-

nelle à $\frac{1}{r^2}\frac{z}{r} = \frac{z}{r^3}$, et que son action sur le pôle n est elle-même également proportionnelle à $\frac{z}{r^3} \cdot \frac{\rho}{r} = \frac{\rho z}{r^4}$.

Posons $\frac{\rho z}{r^4} = \varphi$ et calculons $\frac{d\varphi}{dz}$ en remarquant que $r^2 = \rho^2 + z^2$ et que ρ peut être considéré comme constant et égal à R.

On a :

$$\frac{d\varphi}{dz} = \frac{\rho r^4 - 4\rho z r^3 \cdot \frac{dr}{dz}}{r^8} = \rho \frac{r - 4z\frac{dr}{dz}}{r^5}$$

$$\frac{dr}{dz} = z\left(\rho^2 + z^2\right)^{-\frac{1}{2}} = \frac{z}{(\rho^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}$$

donc

$$\frac{d\varphi}{dz} = \rho \cdot \frac{(\rho^2 + z^2)^{-\frac{1}{2}} - \frac{4z^2}{(\rho^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}}{(\rho^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} = \rho \cdot \frac{\rho^2 - 3z^2}{(\rho^2 + z^2)^3}$$

et atteindra son minimum pour $z = \frac{R}{\sqrt{3}}$.

En réalité, le maximum arrive avant cette limite, parce que l'action propre de l'aimant NS décroît à mesure que z augmente.

FONCTIONS

DE

LA VEINE-PORTE[1]

PAR LE Dr ORÉ

professeur de physiologie à l'École de Médecine de Bordeaux, chirurgien adjoint de l'hôpital Saint-André de la même ville.

Les fonctions de la veine-porte se lient à quatre ordres de faits physiologiques distincts :

1° L'absorption de certains produits de la digestion ;
2° La sécrétion de la bile ;
3° La fonction glycogénique du foie ;
4° La nutrition de cet organe.

CHAPITRE Ier.

QUEL EST LE RÔLE DE LA VEINE-PORTE DANS L'ABSORPTION DES PRODUITS DE LA DIGESTION?

Avant de répondre à cette question, il est nécessaire de rappeler succinctement comment on divise les substances alimentaires et quels sont les produits auxquels elles donnent naissance sous l'influence de la digestion.

On divise les substances alimentaires en trois groupes : 1° les matières féculentes; 2° les matières albuminoïdes; 3° les matières grasses. Introduites dans les voies digestives, ces diverses substan-

(1) Mémoire auquel l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Bordeaux a accordé une médaille d'or.

ces se trouvent bientôt en présence du mucus buccal, de la salive, du suc gastrique, de la bile, des sucs pancréatique et intestinal, et se transforment : les matières féculentes, en glycose; les albuminoïdes, en albuminose, et les matières grasses en chyle. C'est sous ces trois états que l'absorption les introduit dans l'économie.

Cela établi, il faut déterminer quelles sont les voies que ces matières suivent pour jouer leur rôle dans l'organisme.

Les anciens ne connaissant pas les vaisseaux lymphatiques, accordaient aux veines seules la propriété d'absorption. Aussi lit-on dans Hippocrate : « Les veines de l'intestin, où le boire et le manger sont amassés, lorsque ces substances seront échauffées, attirent la partie la plus claire et la plus fluide (1). »

Erasistrate est beaucoup plus explicite encore : « Les aliments élaborés par la trituration stomacale sont absorbés par les radicules de la veine-porte, qui les déversent dans le foie. Là, le liquide alimentaire se divise en deux parties, dont l'une fournit les matériaux de la sécrétion de la bile, et l'autre se transforme en sang; aussi le foie est-il l'organe essentiel de l'hématose. »

Mais de tous les auteurs de l'antiquité, Galien est celui qui a le mieux déterminé le rôle des veines mésaraïques et de la veine-porte dans l'absorption. Il est même curieux de voir la doctrine de cet homme de génie, tour à tour renversée et réédifiée pendant quatorze siècles, trouver aujourd'hui sa confirmation dans les recherches modernes de la physiologie expérimentale.

« La masse alimentaire, dit Galien, après avoir subi l'élaboration qui la transforme en chyme, élaboration qui commence à l'estomac et finit au cœcum, cette masse devenue le *suc*, doit aller au foie. Ce passage s'effectue par l'intermédiaire des veines mésaraïques, vaisseaux particuliers dont l'ensemble occupe toute l'étendue de l'intestin grêle et la portion cœcale du gros intestin. *Ces veines jouissent au plus haut degré de la faculté attractive ou absorbante.* »

Cette absorption se fait suivant certaines lois que Galien formule ainsi :

1° Elle est d'autant plus active qu'elle se fait dans un point où les vaisseaux sont en plus grand nombre; aussi est-elle plus considérable dans les parties supérieures de l'intestin grêle et a-t-elle

(1) *De principiis aut carnibus* (Hippocr., *Oper.*, t. I, p. 119).

son maximum de densité au jejunum. Là encore l'activité de l'absorption est favorisée par une circonstance particulière, le mélange de la bile avec le chyle.

2° L'absorption est d'autant plus rapide que le trajet de l'intestin au foie est plus court, d'où encore la rapidité de l'absorption à la partie supérieure de l'intestin grêle.

3° L'énergie de l'absorption dépend aussi de l'abondance et de la qualité de la masse alimentaire.

4° De l'état de vacuité et de plénitude du foie : plénitude, absorption lente; vacuité, absorption rapide.

5° Des besoins plus ou moins vifs de l'économie : plus vifs, absorption plus grande; moins vifs, absorption moindre; d'où il suit que la faculté absorbante sera d'autant plus développée que le sentiment de la faim sera plus énergique.

Les veines mésaraïques ne sont pas seulement les agents d'absorption et de transport; Galien leur attribue encore une puissance d'élaboration. *De telle sorte que depuis l'origine de ces veines dans l'intestin jusqu'à leur réunion pour former le tronc de la veine-porte, et aussi dans tout le trajet de la veine-porte au foie, le suc continue à se perfectionner.*

Avant d'arriver au foie, les veines mésaraïques se réunissent en un seul tronc : la veine-porte, qui va s'enfoncer dans le parenchyme hépatique et s'y divise, dès son entrée, en une foule de vaisseaux et ramuscules qui se perdent dans la substance de l'organe; le but de cette disposition singulière est, suivant Galien, de ralentir le cours du suc alimentaire auquel le foie doit faire subir une élaboration importante, et de multiplier les points de contact de la surface élaborante avec la substance à élaborer. Le résultat de cette élaboration merveilleuse doit finalement transformer le liquide alimentaire en un liquide divin, le sang. Cette transformation définitive se fait dans le parenchyme du foie ([1]).

Cette théorie de Galien, que j'ai rapportée assez longuement afin de mieux faire ressortir les points de contact qu'elle présente avec la doctrine physiologique actuelle, a dominé dans la science jusqu'au moment où Gaspard Aselli découvrit les vaisseaux lactés, aux-

([1]) *Union Médicale*, t. IX, p. 505 et 506; *Histoire de la Médecine*, par M. Andral.

quels il attribua la propriété d'absorber le chyle, c'est-à-dire jusqu'en l'année 1622 ([1]). Ces vaisseaux lactés, niés d'abord par Harvey, furent vus par Wormius ([2]), par Fabrice de Hilden ([3]), et par Veslhing ([4]), qui les aperçut sur le mésentère d'un supplicié, et donna une description des chylifères de l'homme.

Déjà en 1563, Eustachi avait démontré l'existence du canal thoracique, mais Aselli n'avait pas saisi le rapport qui existait entre ce dernier et les vaisseaux lactés. Ce fut seulement en 1649 que Pecquet ([5]) fit voir que ce réservoir lombaire, le canal thoracique et les vaisseaux lactés, constituaient un même système de vaisseaux par l'intermédiaire desquels le chyle était porté dans la veine sous-clavière gauche.

Ces découvertes portèrent une première atteinte à la doctrine de Galien sur l'absorption des veines mésaraïques, que de nouvelles recherches semblèrent renverser complétement.

En 1651, Rudbeck avait aperçu dans diverses parties du bassin des vaisseaux pellucides et noueux auxquels il donna le nom de *séreux*, et que Thomas Bartholin désigna sous celui de *lymphatiques*. Mais aucun d'eux n'avait pensé que ces lymphatiques eussent des connexions intimes avec les vaisseaux chylifères. C'est à Guillaume Hunter que revient l'honneur de les avoir montrés et d'avoir établi que les vaisseaux lactés d'Aselli, le réservoir de Pecquet, le canal thoracique et enfin ces lymphatiques formaient un seul tout, un seul et même système. Plus tard, J. Munter et Cruiskand, ses élèves, achevèrent l'œuvre commencée par leur maître.

Le système lymphatique une fois connu, les veines furent entièrement dépossédées de la propriété d'absorber, et dès lors la doctrine de Galien fut abandonnée.

Mais bientôt la réaction arriva, et les expériences de Magendie, de Fodéva, de Magnus, de Mateucci leur rendirent cette prérogative dont elles avaient été momentanément privées. Ces physiologistes s'attachèrent surtout à déterminer la part de chaque ordre de vais-

([1]) *De lactibus sive lacteis venis*. In-4°, 1627.

([2]) *Epistolæ*, p. 443, in-8°, 1670.

([3]) Haller, *Bibliotheca anatomica*, t. I, p. 296.

([4]) *Syntagma anatomicum*, tab. VIII, fig. 1, in-8°.

([5]) *Experimenta nova anatomica quibus incognitum lactenus chyli receptaculum, et ab eo vasa lactea deteguintur*. In-12; Paris, 1651.

seaux dans les phénomènes de l'absorption. Je ne les suivrai pas dans les détails de leurs expériences si intéressantes, parce que je dois me borner surtout, afin de rester dans les limites de mon sujet, à étudier le rôle de la veine-porte.

De tous les physiologistes modernes, M. Bérard est le premier qui ait professé que les produits de la digestion passent principalement par les veines mésaraïques.

« Pour démontrer péremptoirement cette opinion, dit le savant professeur de la Faculté de médecine de Paris, il faudrait reconnaître dans les veines mésaraïques les principes nutritifs puisés dans l'intestin; mais leur analogie avec les principes immédiats du sang rend peut-être le problème insoluble pour la chimie organique actuelle (1). »

Les faits sur lesquels repose cette opinion ont néanmoins une valeur incontestable. En effet, si l'on ne peut distinguer dans les veines mésaraïques les produits azotés qui auraient passé de l'intestin dans les veines, on y rencontre certains principes non azotés. Or, si ces principes organiques utiles, quoique non azotés, entrent directement dans le sang, toute la matière nutritive ne passe pas dans les chylifères. En effet, Tiedman et Gmelin, ayant nourri un chien pendant neuf jours de pommes de terre et de beurre fondu, trouvèrent du sucre dans son sang (2). MM. Bouchardat et Sandas, nourrirent un chien quatre jours avec du sucre de canne : il y avait du sucre interverti dans son sang (3).

On pourrait dire que c'est par le canal thoracique et non par la veine-porte que le sucre a été amené dans le sang; mais MM. Bouchardat et Sandas citent encore des expériences où, soit des chiens, soit des lapins, ayant été tués deux ou trois heures après des repas composés de sucre, de fécule, etc., ils trouvèrent du sucre dans le sang de la veine-porte et dans la bile.

M. Bérard invoque en outre, à l'appui de cette opinion, ce fait remarquable : que la section des pneumo-gastriques n'empêche pas la chylification; or, cela tient à ce que les chylifères s'emplissent de principes autres que ceux dont la digestion s'accomplit dans l'estomac.

(1) *Cours de Physiologie fait à la Faculté de médecine de Paris*, t. II, p. 592.

(2) Tudman et Gmlin, *Recherches sur la digestion*, t. I, p. 201.

(3) *Annuaire de Levasent*, p. 84, 1846.

Enfin, un argument plus décisif se trouve dans les analyses du sang de la veine-porte *aux diverses périodes de la digestion,* et dans les différences que présentent, quant à la quantité, les éléments de ce liquide dans cette veine, et les mêmes éléments dans le sang de la circulation veineuse générale.

Ces analyses ont été faites avec beaucoup de soin par M. Jules Béclard, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris; elles font l'objet d'un important Mémoire publié dans les *Archives de médecine* (1). M. Béclard a démontré que la proportion des éléments constituants du sang variaient suivant les diverses époques de la digestion. Pendant les premières heures, il y a augmentation d'albumine et diminution de globules, et cela seul peut varier dans les limites de 80 à 100 millièmes. Plus tard, une proportion inverse s'établit. *La proportion des globules augmente, comme s'il s'en formait aux dépens des matières organiques absorbées par les veines dans l'intestin.*

Galien, sans être aussi formel, avait cependant émis une opinion analogue, lorsqu'il disait : « Les veines mésaraïques ne sont pas seulement des agents de transport d'absorption, mais ils ont encore une certaine puissance d'élaboration; de telle sorte, que depuis l'origine de ces veines dans l'intestin jusqu'à leur réunion pour constituer le tronc de la veine-porte et aussi dans le trajet de la veine-porte au foie, le suc continue de se perfectionner. » (Phrase citée plus haut.)

J'insiste avec dessein sur le rapprochement qui existe entre ces deux opinions, parce qu'elles me serviront à établir un des principaux usages de la veine-porte.

Les recherches de M. J. Béclard l'ont porté à conclure :

« L'augmentation considérable de l'albumine dans le sang de la veine-porte, dans les premiers temps de la digestion, prouve d'une manière distincte ce qu'on soupçonnait sans l'avoir suffisamment démontré, savoir : que les matières azotées neutres entrent dans le torrent de la circulation sous une seule et même forme, sous forme d'albumine, et que l'albumine diversement transformée est la matière nutritive d'où vont sortir toutes les autres.

» Mes expériences montrent encore que la veine-porte est la vé-

(1) 4e Série, t. XVIII, p. 322 et suiv.

ritable voie par laquelle l'albumine entre dans le système circulatoire. » (J. Béclard, *loc. cit.*)

Au mois de décembre 1850, M. Cl. Bernard communiqua à l'Académie des Sciences, des expériences ayant pour but d'apprécier *le rôle des chylifères dans l'absorption des substances alimentaires*. Le résultat de cette communication est trop important et jette trop de jour sur la question dont je m'occupe pour que je puisse le passer sous silence.

M. Cl. Bernard recherche d'abord par quelle voie passent les matières albuminoïdes :

« Pour prouver, dit-il, que l'albumine ne passe pas par les chylifères, j'ai pensé que l'on pourrait apporter un argument physiologique plus décisif si l'on arrivait à démontrer que pour être assimilée l'albumine avait besoin de traverser le tissu du foie. En effet, en injectant dans la veine jugulaire d'un chien un peu d'albumine d'œuf étendue d'eau, on constate quelque temps après cette injection que les urines sont devenues albumineuses. Cette expérience est intéressante en ce qu'elle démontre que l'albumine d'œuf n'est probablement pas identique à l'albumine du sang, et qu'elle a besoin, pour être appropriée à l'organisme, d'éprouver une modification préalable. Or, le passage au travers du tissu du foie suffit pour opérer cette modification nécessaire à l'assimilation de la matière albumineuse; car si on l'injecte dans la veine-porte, elle reste dans le sang et ne se retrouve pas dans l'excrétion urinaire. Ces expériences tendent évidemment à démontrer que l'*albumine est absorbée exclusivement par la veine-porte;* car si cette substance était *portée dans la sous-clavière par le canal thoracique, elle serait introduite directement dans le système veineux général et se trouverait exactement dans le cas de l'injection par la veine jugulaire que nous avons citée plus haut* (1). »

J'ai répété ces expériences dans un cours public de physiologie, et j'ai pu constater, ainsi que tous ceux qui suivaient mes leçons, l'exactitude des résultats énoncés par M. Cl. Bernard.

Tous les faits qui précèdent prouvent donc d'une manière péremptoire, que les matières albuminoïdes, après avoir été transformées en albuminose par l'action du suc gastrique, sont absorbées

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences,* t. XXXI, p. 800, année 1850.

par les veines mésaraïques et pénètrent dans le foie par le système de la veine-porte.

En est-il de même pour les substances féculentes? Les recherches de M. Bernard nous permettent encore de répondre facilement à cette question.

« La matière sucrée, dit-il, est absorbée dans l'intestin, tantôt à l'état de glycose, tantôt à l'état de sucre de canne. En ingérant dans l'estomac de différents animaux mammifères (chiens, chats, lapins) de grandes quantités de sucre de canne, j'ai toujours retrouvé ce principe sucré dans le sang de la veine-porte; mais en recueillant le chyle dans le canal thoracique chez ces mêmes animaux et dans les mêmes circonstances, je n'y ai jamais trouvé du sucre de canne. De sorte qu'on constate dans cette expérience, que j'ai répétée bien des fois, ce fait singulier, que le sucre n'est pas absorbé d'une manière évidente par l'appareil chylifère. Il faut donc reconnaître que le sucre est exclusivement absorbé par le système de la veine-porte, et admettre comme conséquence que la matière sucrée, avant d'être portée aux poumons, traverse nécessairement le foie (1). »

Depuis l'année 1850, M. Cl. Bernard a fait de nouvelles expériences sur le même sujet : ainsi, il a placé un tube d'argent dans un des vaisseaux lymphatiques qui descendent de la tête, il a recueilli le liquide qui s'en écoulait ne contenant pas du sucre, tandis que le sang en présentait une certaine proportion, comme cela a lieu pendant la période digestive.

Quelquefois cependant on trouve du sucre dans le canal thoracique. Mais M. Cl. Bernard explique cette particularité en faisant observer que les lymphatiques du foie qui viennent s'ouvrir en grand nombre dans ce canal, entraînent avec eux la matière sucrée qui se forme de toutes pièces dans cet organe. Aussi le sucre ne se rencontre-t-il que dans la portion du canal située au-dessus de l'abouchement des vaisseaux lymphatiques (2).

(1) *Loc. cit.*, p. 799.

(2) *Leçons de Physiologie expérimentale faites au collége de France*, p. 312 et 313.

ABSORPTION DES MATIÈRES GRASSES.

Est-il vrai que le sang de la veine-porte contienne une proportion de matières grasses plus considérable que le sang des autres parties du système circulatoire? L'absorption de ces matières se fait-elle à la fois par les chylifères et par la veine-porte?

M. J. Béclard répond ainsi à ces diverses questions :

« Le sang de la veine jugulaire, de la veine-porte, de la veine splénique d'un cheval a été examiné sous ce rapport. Après avoir été complétement desséchés à 100°, puis réduits en poudre, les résidus ont macéré pendant quinze jours dans l'éther rectifié. Voici la perte de chacun d'eux :

« Le sang de la veine jugulaire a perdu 2,39 sur 1,000 de résidu sec;

» Le sang de la veine-porte a perdu 3,18 sur 1,000 de résidu sec;

» Le sang de la veine splénique 3,91 sur 1,000 de résidu sec.

» Les quantités respectives de matières grasses étant représentées par les pertes, il résulte de cette analyse, que le sang de la veine-porte, non-seulement ne contient pas plus de matières grasses que les autres sangs, mais qu'il en contient moins. »

M. Béclard conclut que les matières albuminoïdes entrent dans le sang par la veine-porte et les matières grasses par les chylifères.

M. Cl. Bernard a cherché à apprécier aussi expérimentalement le rôle des chylifères dans l'absorption des matières grasses.

Chez les mammifères, dit l'illustre physiologiste, les matières grasses sont absorbées de la manière la plus évidente par les vaisseaux chylifères, et déversées dans le sang par le canal thoracique. L'analyse chimique et l'inspection microscopique ne laissent aucun doute à cet égard. Pour être aptes à pénétrer dans les vaisseaux chylifères, les aliments doivent avoir reçu l'influence du suc pancréatique; de sorte que l'absorption de la graisse ne peut commencer à s'effectuer dans l'intestin grêle qu'après le déversement du fluide pancréatique [1], tandis que l'albumine et le sucre peuvent

[1] Les belles expériences de M. Colin, d'Alfort, qui ont été mentionnées avec détail par Bérard, dans un rapport lu à l'Académie de Médecine le 21 avril 1857, ont prouvé qu'en l'absence du suc pancréatique, les matières

déjà être absorbés dans l'estomac. On sait qu'aussitôt que la graisse émulsionnée pénètre dans les chylifères, leur aspect change complétement; leur contenu, d'abord clair et transparent, prend un aspect blanchâtre et laiteux (1). » Ce fait est facile à constater sur le lapin, où le canal pancréatique s'ouvre dans l'intestin, à 35 centimètres au-dessous du canal cholédoque. Le chyle, examiné au-dessus du point d'ouverture de ce conduit, est clair, limpide; au contraire, il devient blanchâtre, laiteux, dès que le suc pancréatique s'est mélangé avec les matières grasses. J'ai répété cette expérience plusieurs fois dans mes cours de physiologie.

On peut donc, d'après leur voie d'absorption, distinguer les matières nutritives en deux classes :

1° Celles qui n'arrivent dans la circulation générale qu'après avoir traversé le foie; ce sont les matières féculentes et albuminoïdes;

2° Celles qui arrivent dans la circulation générale sans traverser le foie, mais par l'intermédiaire des chylifères; ce sont les matières grasses.

Il résulte de tout ce qui précède, que les deux premiers groupes de substances ne traversent le foie qu'après avoir été absorbées par les veines mésaraïques et la veine-porte : on doit donc considérer le *rôle de cette veine dans l'absorption comme très-important, puisqu'elle introduit dans l'organisme les substances qui doivent contribuer le plus à réparer ses pertes et à entretenir les phénomènes respiratoires.*

grasses pourraient être émulsionnées. Voici, du reste, comment s'exprime le rapporteur de la commission :

« Puisque chez les animaux de l'espèce bovine on peut, trois et même quatre jours après qu'on leur a lié le conduit excréteur du pancréas, et détourné le suc pancréatique au dehors, retirer du canal thoracique, en vingt-quatre heures, plus de 40 litres de chyle bien émulsionné, et dont l'éther extrait une notable quantité de graisse, le suc pancréatique de ces animaux *n'est nécessaire* ni pour l'absorption des corps gras ni pour la formation d'un chyle émulsionné. »

Le rapporteur fait remarquer avec raison qu'il dit *nécessaire* et non *utile;* car s'il est possible de reprocher aux conclusions de M. Cl. Bernard d'être trop absolues quant au rôle qu'il attribue au suc pancréatique de transformer seul les matières grasses, les expériences de MM. Colin et Bérard ne prouvent point que ce suc ne jouit pas de cette propriété; elles démontrent seulement que cette transformation peut avoir lieu sans son concours.

(1) Bernard, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. XXXI, p. 801. 1850.

CHAPITRE II [1].

QUELLE EST L'INFLUENCE DE LA VEINE-PORTE SUR LA SÉCRÉTION DE LA BILE ?

Deux opinions ont partagé les physiologistes sur la sécrétion de la bile : les uns ont attribué le principal rôle à l'artère hépatique, les autres à la veine-porte. Parmi les premiers se trouve l'illustre auteur de l'*Anatomie générale,* qui pensait que la sécrétion biliaire comme toutes les autres, puisait ses matériaux dans le sang artériel.

Le premier moyen qui se présentait naturellement à l'esprit pour trancher la question était d'appliquer des ligatures autour des vaisseaux; mais Bichat, qui a tenté la ligature de l'artère hépatique, déclare l'expérience impraticable. « On ne peut faire, dit-il, une semblable ligature sans un délabrement qui ne permet plus de rien distinguer; j'ai voulu la tenter, je n'ai pu achever (²). » Il est surprenant qu'un aussi habile anatomiste ait échoué dans une expérience qui n'offre pas, il faut le reconnaître, de difficultés sérieuses, que l'on peut faire facilement sans occasionner de grands délabrements, et surtout sans compromettre la vie des animaux.

La plupart des physiologistes, depuis Bichat, se sont laissé intimider par cette assertion formelle, et ont cru devoir renoncer à ce moyen d'investigation.

On a dû chercher alors d'autres arguments en faveur de l'artère hépatique. On a invoqué, par exemple, la structure intime du foie. On a vu généralement que les dernières ramifications de la veine-porte et de l'artère se confondaient (c'est ce que démontrent les injections fines), et on a trouvé dans ce fait une raison suffisante pour admettre que le sang artériel n'était pas étranger à la sécrétion.

C'est ainsi que M. Verger a prétendu « que le sang de l'artère hépatique servirait à la sécrétion des éléments alcalins ou autres de la bile (³). »

(¹) La deuxième et la troisième partie de ce travail ont reçu de l'Académie des Sciences de Paris un encouragement de 1,500 fr.

(²) *Anatomie générale,* t. I, p. 475; Paris, 1801.

(³) *Thèses de Paris,* 1838, nº 212, p. 23.

Enfin, on a cité en faveur de cette opinion plusieurs cas d'anatomie anormale où la veine-porte venant s'ouvrir directement dans la veine-cave inférieure, et ne traversant pas le foie, la sécrétion de la bile n'a cependant pas été interrompue.

Ces faits sont au nombre de quatre; ils ont été rapportés par Lieutaud (1), Hubert (2), Abernethy (3), Lawrence (4).

De ces quatre observations, celle d'Abernethy est la plus authentique et la plus importante. Abernethy cite en effet l'exemple d'une jeune fille chez laquelle la veine-porte se terminait dans la veine-cave, près des rénales. L'artère hépatique, seul vaisseau qui pénétrât dans le foie, était plus volumineuse que dans l'état normal; *la vésicule biliaire contenait une petite quantité de bile d'un jaune brunâtre foncé, d'une saveur amère à réaction alcaline*. Il en résulte que, dans ce cas, la sécrétion s'était opérée exclusivement aux dépens de la masse du sang que l'artère hépatique introduisait dans le foie.

La deuxième opinion, celle qui regarde la bile comme fournie par le sang de la veine-porte, compte un plus grand nombre de partisans. Je dirai même que les physiologistes adoptent généralement aujourd'hui cette manière de voir.

D'après la structure du foie, il me paraît démontré, dit M. Lambron, qu'il n'y a que le sang apporté par les divisions de la veine-porte pour traverser les espaces inter-utriculaires qui puisse servir à la sécrétion de la bile; et ce qui peut augmenter la valeur de cette opinion, c'est qu'elle se trouve d'accord avec les travaux de Ferrein, Mascagni, Muller et Kiernau.

» Si l'on a refusé à la veine-porte l'usage que nous lui assignons, c'est qu'on a voulu que le foie ne fît pas exception à toutes les autres glandes, et qu'il reçût exclusivement du sang artériel les matériaux de la sécrétion; mais on a tort de vouloir assimiler complétement le foie aux autres glandes (5). »

Dans un important Mémoire sur la structure intime du foie, au-

(1) *Historia anatomica medica*, p. 190.

(2) *Programma sistens observationes aliquot anatomicas*, p. 345.

(3) *Philosophical Transactions*, p. 59 et 63; 1793.

(4) *Medico chirurg., transact.*, vol. 5, p. 174.

(5) *Recherches sur la structure intime du foie.* (*Archives de médecine*, 3e série, t. X, p. 175.)

quel l'Académie de Médecine a décerné le prix Portal en 1851, M. Lereboullet conclut, de ses recherches anatomiques, « que le sang de l'artère hépatique ne pouvait pas concourir à la sécrétion de la bile, ou du moins que le rôle qu'il joue dans cette sécrétion est très-secondaire et sans importance (1). »

Dans ses *Leçons de physiologie expérimentale faites au collège de France*, M. Cl. Bernard refuse également à l'artère hépatique toute participation dans la sécrétion de la bile.

« L'artère hépatique, dit-il, peut être considérée comme n'ayant aucune influence sur les fonctions de l'organe, parce que la sécrétion de la bile n'éprouve, par suite de la ligature, que très-peu de modifications (2). »

Tous les arguments qui précèdent reposent sur la disposition anatomique des ramifications de la veine-porte dans le foie; mais on a fait à l'appui des expériences :

« Admettez, dit M. Bérard, que l'artère étant liée, la sécrétion continue : n'est-il pas évident que la bile a été formée aux dépens du sang de la veine-porte? Or, ce que Bichat n'avait pu faire, Malpighi l'avait fait et répété plusieurs fois : il avait lié l'artère et vu la sécrétion s'opérer encore. *Mais les expériences de M. Simon de Metz ne laissent plus aucun doute à ce sujet* (3). »

Je crois devoir rapporter d'une manière succincte les expériences de M. Simon de Metz, afin de montrer en quoi elles diffèrent des miennes, et surtout afin de faire voir si elles constituent un argument sérieux en faveur des partisans de la veine-porte.

Et d'abord, je ferai remarquer que M. Simon de Metz n'a pas expérimenté sur les animaux supérieurs; il s'en est rapporté à l'opinion de Bichat : « C'est ainsi, dit-il, que ce qui a été jugé impraticable sur des chiens, a pu donner des résultats plus ou moins satisfaisants sur des lapins et sur des pigeons (4) »; et encore ses expériences sur les lapins ne lui ont-elles pas paru probantes, car il n'en fait aucune mention.

Ce physiologiste s'est donc contenté d'expérimenter sur les pigeons, qui, soit dit en passant, n'ont pas de vésicule biliaire, et

(1) *Mémoires de l'Académie de Médecine*, t. XVII, p. 477.
(2) *Leçons de Physiologie expérim.*, p. 88.
(3) *Cours de Physiologie*, t. II, p. 319.
(4) *Journal des progrès des sciences médicales*, t. VII, p. 217, 128.

chez lesquels on ne peut juger de la quantité de bile sécrétée que par la coloration qu'elle communique aux matières contenues dans l'intestin et dans le cloaque.

1re Expérience. Il a lié les deux canaux excréteurs du foie, et il a vu cet organe se colorer en vert. La vie s'est continuée de vingt-quatre à trente-six heures.

2e Expérience. *Ligature des canaux excréteurs et de l'artère hépatique.* — Le foie s'engorge et prend dans ces conditions une teinte jaune verdâtre prononcée, les excréments sont colorés de la même manière.

3e Expérience. *Ligature de l'artère hépatique seule.* — Pas d'engorgement du foie; après la mort on trouve de la bile dans les canaux excréteurs, et les matières contenues dans l'intestin offrent la teinte bilieuse comme dans l'état normal.

4e Expérience. *Ligature des racines de la veine-porte et des canaux hépatiques.* — Le foie est alors entièrement décoloré et n'a plus qu'une teinte d'un rose pâle, les matières intestinales sont d'un gris blanchâtre, le cloaque est rempli d'excréments sans mélange, de couleur verte, et cependant plusieurs pigeons ont vécu jusqu'à trente-six heures.

De ces expériences, M. Simon de Metz conclut :

1° Que la ligature de l'artère hépatique n'empêche pas qu'il se forme de la bile;

2° Que la présence de cette bile est manifeste lorsqu'on lie en même temps les canaux excréteurs;

3° Qu'il n'est pas douteux que ce soit le sang de la veine-porte qui fournit les éléments de la sécrétion de la bile pendant que la ligature de ce vaisseau arrête cette sécrétion (1).

Tel était l'état de la science sur cette question, lorsque j'ai commencé les expériences qui font le sujet de cette partie de mon travail.

Une circonstance tout à fait imprévue me donna l'idée de faire ces recherches. Pendant mon séjour dans les hôpitaux, j'eus occasion d'observer un malade qui mourut à la suite d'une hydropisie ascite. A l'ouverture cadavérique, je constatai que la veine-porte était entièrement oblitérée et que *néanmoins la vesicule biliaire*

(1) *Journal des progrès des sciences médicales*, p. 219.

était pleine de bile. Ce fait semblait infirmer la théorie physiologique qui considère le sang de la veine-porte comme fournissant au foie les matériaux de la sécrétion biliaire; il y avait dès lors un grand intérêt à consulter la physiologie expérimentale; c'est ce que j'ai fait avec soin et persévérance. Je classerai donc ces expériences en trois séries distinctes, afin de mettre de la clarté dans l'exposition des résultats obtenus.

Dans la *première série*, je placerai les expériences où l'oblitération de la veine-porte ayant été produite, soit par la ligature, soit par l'injection de substances hémostatiques, la mort presque immédiate en a été la conséquence.

Dans la *deuxième série,* je rangerai celles où l'oblitération de la veine-porte ayant été obtenue lentement, *la sécrétion de la bile n'a nullement été altérée.*

Enfin, dans la *troisième série* se trouveront celles où j'ai pu apprécier l'influence de cette oblitération à la fois sur la sécrétion biliaire et sur la fonction glycogénique du foie.

Tous ces résultats que je vais énoncer ont été constatés par un grand nombre de mes confrères et par tous ceux qui ont suivi mes leçons de physiologie à l'École de Médecine de Bordeaux.

PREMIÈRE SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Dans mes premières expériences je suivis l'exemple de presque tous les vivisecteurs : le tronc de la veine-porte étant mis à découvert, je plaçai autour une ligature et je la serrai violemment, de manière à interrompre tout à coup la circulation. Les trois chiens sur lesquels j'employai ce procédé ne survécurent pas plus d'une heure, et ils moururent après avoir présenté les symptômes suivants : refroidissement général, teinte bleuâtre des muqueuses. A l'autopsie, je trouvai l'intestin grêle avec une coloration bleuâtre très-prononcée; le système veineux abdominal était le siége d'un engorgement considérable.

Ces premières expériences ne me donnèrent donc que des résultats négatifs. M. Gintrac, directeur de l'École de Médecine, avec lequel je faisais ces recherches, me conseilla de pratiquer à la paroi abdominale une petite ouverture par où une anse intestinale pût s'échapper hors de la cavité, et d'injecter par une des

ramifications veineuses une substance hémostatique. Par ce moyen je pouvais espérer d'amener la formation d'un caillot, et par suite l'oblitération. Ce procédé me parut très-ingénieux et je le mis en usage; mais les résultats furent moins heureux encore que les précédents, car les chiens auxquels j'injectai soit une solution très-concentrée de tannin, soit du perchlorure de fer, moururent pendant l'expérience. Je fus donc obligé d'y renoncer et j'en adoptai un autre qui a parfaitement réussi :

Ce procédé consiste à faire le long du rebord des fausses côtes droites une incision qui intéresse toute l'épaisseur des parois abdominales; après cela, à plonger l'index de la main gauche, disposé en forme de crochet, sous la face inférieure du foie, de manière à saisir les vaisseaux et à les amener jusqu'à l'ouverture pratiquée; d'isoler rapidement, à l'aide d'une sonde cannelée, la veine-porte de l'artère hépatique et des canaux biliaires; à passer autour d'elle, sans le nouer, un fil disposé comme une anse, et dont les deux extrémités très-longues ressortent par la plaie et sont attachées sur le dos de l'animal; à réunir la plaie par trois ou quatre points de suture : le fil reste autour de la veine pendant cinq ou six jours au plus. Après ce temps, je l'enlève en tirant sur l'une des extrémités, et je laisse l'animal entièrement libre.

DEUXIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Première expérience, faite sur un chien âgé de deux ans. — Le fil ayant été placé autour de la veine, l'animal fut presque immédiatement pris de vomissements. Il refusa toute nourriture et mourut au bout de vingt-six heures. A l'autopsie, je constatai les faits suivants :

Les anses de l'intestin grêle offraient une teinte légèrement brunâtre. Les veines étaient un peu engorgées. Après m'être assuré que le fil avait été bien placé autour de la veine-porte, je fis avec précaution une incision dans le tronc de ce vaisseau, et je m'aperçus qu'il existait au-dessous du point où la ligature avait été appliquée un caillot assez mou, d'un rouge foncé, qui n'adhérait que faiblement dans trois ou quatre points à la paroi interne de la veine; au-dessus du point lié, c'est-à-dire dans les ramifications de la veine qui traversaient le foie, il y avait moins de sang que dans

l'état normal. Cependant la couleur de cet organe n'avait pas été altérée et *la vésicule biliaire était gorgée de bile.*

Deuxième expérience. — Chez un second chien à peu près du même âge, qui mourut cinquante heures après l'opération, la veine-porte était fortement étranglée dans la partie enlacée par la ligature. Son calibre se trouvait réduit à celui d'une plume de corbeau. Au-dessous de cet étranglement, je rencontrai un caillot d'une densité plus grande que dans le cas précédent et qui avait aussi une couleur différente. Sa teinte était en effet d'un rouge jaunâtre, des adhérences assez fortes l'unissaient à la paroi interne du vaisseau; mais quoique plus intimes que dans le cas précédent, ces adhérences avaient dû ralentir mais non arrêter complétement la circulation. *La vésicule biliaire était gorgée de bile.*

Troisième expérience. — Ma troisième expérience fut faite sur un chien de trois ans, qui mourut le cinquième jour après l'application de la ligature. Dans les deux premiers jours, il y avait eu des vomissements qui ne se manifestèrent pas le troisième; la veine-porte contenait un *caillot jaune assez dur, résistant, adhérent par toute sa surface à la paroi interne de la veine.* Ce caillot avait dû nécessairement intercepter la circulation dans ce vaisseau. Le foie offrait une coloration moins foncée que chez les deux autres animaux, sujets de mes premières expériences. *La vésicule biliaire était gorgée de bile et les matières alimentaires étaient colorées par ce liquide.* Je ferai observer que le fil placé autour de la veine avait aussi enlacé l'artère hépatique, qui se trouvait oblitérée dans ce point là; mais je dois ajouter qu'ayant eu le soin de faire une injection au vernis à l'alcool, par l'aorte, il me fut facile de constater que le sang artériel arrivait au foie par une douzaine de branches, provenant de l'arcade formée par l'anastomose qui existe chez le chien entre l'artère hépatique et les artères pancréatico-duodénales. Il existait dans le côté droit du ventre un épanchement purulent assez considérable, provenant d'une péritonite qui avait occasionné la mort de l'animal.

Quatrième expérience, faite sur un jeune chien de sept à huit mois. — La ligature une fois posée, comme dans les cas précédents, autour de la veine, et nouée sur le dos, je laissai l'animal entièrement libre. Des vomissements opiniâtres de matières bilieuses eurent lieu pendant les deux premiers jours; à ces matières se trou-

vaient mêlées les substances alimentaires que je donnais à l'animal, telles que du lait et du pain. Ce chien maigrit avec rapidité. Au cinquième jour, il parvint à dénouer sa ligature, et ayant tiré sur l'une des extrémités, il s'en débarrassa. A partir de ce jour il reprit sa gaîté, l'appétit revint, et les vomissements diminuèrent, sans toutefois cesser complétement. Craignant que la veine ne fût pas entièrement oblitérée, je voulus placer un nouveau lien après avoir rouvert la paroi abdominale; mais des adhérences s'étaient formées, la ligature glissa au devant. Deux jours après, je remarquai que les veines sous-cutanées abdominales s'étaient beaucoup dilatées, et étaient devenues comme variqueuses; elles offraient quelque chose d'analogue à ce que l'on voit chez l'homme dans les ascites provenant d'un obstacle à la circulation veineuse abdominale. Je conçus l'espérance que la veine-porte était oblitérée, et le onzième jour depuis l'application du premier fil, alors que la plaie du ventre était presque cicatrisée, je tuai l'animal par la section du bulbe rachidien.

L'autopsie fut faite avec le plus grand soin, et les résultats que je vais indiquer ont été contrôlés par MM. Gintrac et Denucé, dont l'habileté comme anatomistes ne saurait être contestée.

Le *foie avait diminué de volume;* son tissu était d'une couleur jaune uniforme, et n'offrait pas la teinte lie de vin habituelle. Les canaux biliaires et l'artère hépatique ne présentaient aucune altération.

Le tronc de la veine-porte, atrophié dans toute son étendue, était blanchâtre; son tissu, dur, résistant, de consistance fibreuse, était très-adhérent avec la face inférieure du foie. J'ouvris avec précaution la veine mésaraïque supérieure, et j'y introduisis un stylet que je dirigeai vers le foie. Bientôt l'instrument rencontra un obstacle; j'introduisis alors le stylet en sens opposé, et il fut encore arrêté. Il devenait évident que le vaisseau était oblitéré. Cependant, craignant de me faire illusion, je priai M. Denucé d'examiner la pièce, et il constata comme moi que l'extrémité du stylet était arrêtée par un cul-de-sac qui constituait une véritable obstruction du vaisseau dans l'étendue de moins de deux millimètres. Les ramifications de la veine-porte dans le foie étaient revenues sur elles-mêmes; elles ne contenaient que très-peu de sang, ou mieux de la sérosité sanguinolente. Même coloration de la bile.

La vésicule biliaire renfermait une assez grande quantité de bile, et les matières intestinales étaient mélangées avec ce liquide.

Cinquième expérience, faite sur un chien de six mois. —Contrairement à ce que j'avais observé dans le cas précédent, le chien qui fait le sujet de cette expérience n'éprouva pas de vomissements, et cependant il n'avait pas cessé un seul jour de manger et de boire. Au sixième jour, je m'aperçus que les veines sous-cutanées abdominales commençaient à se dilater : je me hâtai alors d'enlever la ligature. Ce chien, comme le précédent, avait été placé depuis le commencement de l'expérience dans une chambre dont j'avais eu le soin d'élever la température en y faisant faire constamment du feu. Je le laissai vivre vingt jours après l'enlèvement du lien. Pendant tout ce temps l'animal put manger abondamment et parfaitement digérer. Lorsque je le sacrifiai par la section du bulbe rachidien, la plaie du ventre était tout à fait cicatrisée, et le chien avait repris sa gaîté et ses allures habituelles.

A l'autopsie, je constatai les faits suivants : Après avoir isolé l'artère hépatique et les canaux biliaires qui étaient parfaitement sains, je mis à découvert le tronc de la veine-porte. Ici, comme dans le cas précédent, le tronc de cette veine adhérait fortement à la face inférieure du foie, *qui avait lui-même considérablement diminué de volume,* et dont la couleur était devenue d'un jaune pâle très-prononcé. La veine était transformée en un cordon fibreux dur et blanchâtre. *On ne pouvait révoquer en doute son oblitération.* Je crus néanmoins devoir soumettre cette pièce à deux de mes confrères, qui vérifièrent facilement mon assertion. *La vésicule biliaire était gorgée de bile, et le cours de ce liquide n'avait pas été plus interrompu que sa sécrétion.*

Il était utile de suivre la marche du sang veineux, et surtout de constater si aucun vaisseau ne ramenait au foie le sang des veines intestinales. C'est dans ce but que je poussai par le tronc de la veine mésaraïque supérieure une injection fine au vernis à l'alcool. Cette injection très-pénétrante *revint par la veine-cave inférieure.* Le passage de l'injection dans ce dernier vaisseau démontrait qu'il avait dû se former des anastomoses entre lui et le système veineux abdominal. Après une dissection attentive, je m'aperçus, en effet, qu'à trois lignes à peu près du point où la mésaraïque supérieure et la splénique se confondent pour former le tronc de la

veine-porte hépatique, il existait un réseau de veinules anastomosées entre elles, qui allaient se jeter dans la veine-cave inférieure; de manière que la circulation, interrompue dans le foie par suite de l'oblitération, se faisait par la veine-cave inférieure à l'aide de ces anastomoses. De cette manière, les substances absorbées dans l'intestin étaient portées dans la circulation générale, et par conséquent n'étaient pas perdues pour l'organisme.

Réflexions. — Mes expériences me conduisent, comme il est facile de le prévoir, à tirer des conclusions opposées à celles de M. Simon de Metz. Aussi, afin d'établir à laquelle des deux opinions on doit se rattacher, me permettrai-je de faire quelques observations.

Et d'abord, il est important de rappeler que les expériences de M. Simon de Metz ont été faites sur des pigeons dont l'appareil hépatique est incomplet, dans lequel la vésicule du fiel manque et se trouve remplacée par deux conduits excréteurs. Ce n'est donc que par la coloration des matières intestinales et par celle du foie qu'il a pu juger que la sécrétion continuait ou était interrompue; en outre, les pigeons n'ont pas vécu plus de trente-six heures après l'opération. Or, que prouvent les faits observés par cet expérimentateur, après la ligature de l'appareil hépatique? Sont-ils suffisants pour motiver les conclusions qu'il a formulées? Je ne le pense pas. En effet, le volume de l'artère hépatique est à celui de la veine-porte comme 1 est à 9. Il en résulte que l'interruption brusque du cours du sang dans ce vaisseau n'a pas dû diminuer beaucoup celui du foie, et dès lors la coloration de l'organe, à laquelle M. Simon de Metz semble attacher tant d'importance, n'a pas dû être altérée d'une manière sensible. Je ferai remarquer en outre, que M. Simon de Metz ne tient aucun compte des anastomoses. Si l'artère hépatique était le seul vaisseau artériel qui pénétrât dans le foie, on comprendrait toute l'importance d'une pareille ligature et de ses résultats; mais je crois avoir démontré dans ma quatrième expérience, que la ligature de ce tronc n'empêche en aucune façon, à cause des anastomoses nombreuses, la circulation artérielle de se continuer dans le foie. En est-il de même pour la veine-porte?

La veine-porte constitue un tronc unique, *exceptionnel, sans anastomose,* résumant à lui seul toute la circulation veineuse de la portion sous-diaphragmatique du tube digestif et de la rate.

Elle doit donc amener au foie une quantité considérable de sang. Est-il surprenant dès lors que sa ligature ait occasionné *une décoloration de cet organe,* et qu'en outre, son oblitération le privant de la plus grande partie du sang qu'il renferme dans l'état normal, la sécrétion de la bile ait été suspendue? *Le changement brusque dans les conditions physiologiques d'un organe, explique très-bien, sans qu'on puisse invoquer des rapports de cause à effet, la cessation de telle ou telle fonction de cet organe, surtout lorsque la vie ne se prolonge pas au-delà de trente-six heures dans ces conditions nouvelles.*

Dans mes expériences, au contraire, faites *sur des animaux supérieurs,* ce qui avait été jugé jusqu'alors impraticable, *j'ai toujours vu la sécrétion biliaire continuer à se faire malgré l'oblitération partielle ou complète du tronc de la veine-porte.* Et comme à l'aide du procédé que j'ai employé et aussi indiqué le premier, *la veine s'est oblitérée lentement et la vie s'est parfaitement maintenue,* je crois être autorisé à tirer les conséquences opposées à celles de M. Simon de Metz.

Afin de donner plus de valeur à ces conséquences, je dois insister sur une particularité de la sécrétion biliaire qu'invoquent les physiologistes opposés à l'opinion que je soutiens. Ceux qui refusent à l'artère hépatique toute participation dans la sécrétion, disent que le sang de cette artère serait insuffisant pour produire toute la bile qui se forme en vingt-quatre heures. Or, je ferai remarquer que c'est une erreur physiologique manifeste que de penser que la quantité de bile sécrétée dans un jour soit bien considérable. Je me suis convaincu de ce fait en créant des fistules biliaires, et voici ce que j'ai observé : Lorsque la digestion commence, l'écoulement de la bile par la fistule cesse complétement, et cela pendant six ou sept heures; elle coule alors directement dans l'intestin. Ce n'est qu'à partir de ce moment que l'on voit ce liquide commencer à couler par la fistule, de telle sorte que la quantité de bile sécrétée dans l'intervalle d'une digestion à l'autre, *peut être représentée par celle que l'on trouve dans la vésicule.* Or, il est facile de se convaincre que le produit de la sécrétion est peu en rapport avec le volume énorme de l'organe sécréteur, et qu'il l'est bien plus au contraire avec la quantité de sang que l'artère hépatique fournit au foie.

Je crois donc démontré que la sécrétion de la bile se fait aux dépens du sang artériel. Aussi, changeant les termes de la phrase citée plus haut et que j'ai empruntée aux leçons de M. Bérard, je me crois autorisé à dire :

Admettez que la veine étant oblitérée, sans anastomose qui ramène au foie le sang provenant des veines mésaraïques, la sécrétion continue, n'est-il pas évident que la bile a été formée aux dépens du sang artériel ?

Ce qui donne à cette opinion une valeur incontestable, c'est le résultat des oblitérations de la veine-porte observées chez l'homme.

Dans un Mémoire remarquable (*Journal de Médecine de Bordeaux*, janvier, février, mars 1856), M. Gintrac, directeur de l'École de Médecine de cette ville, cite trente-quatre faits d'oblitération observés chez l'homme, parmi lesquels six ont été recueillis à sa clinique. *Dans tous ces cas, où la circulation de la veine-porte avait été interrompue, la sécrétion biliaire n'avait pas cessé de se faire* (1).

Quelle force n'acquiert pas une théorie physiologique, lorsque les données fournies par les vivisections qui ont servi à l'établir, trouvent leur confirmation dans les faits recueillis chez l'homme malade !

(1) Ces observations figureront dans la dernière partie de ce travail.

CHAPITRE III.

QUELLE EST L'INFLUENCE DE LA VEINE-PORTE SUR LA FONCTION GLYCOGÉNIQUE?

La plus belle découverte physiologique des temps modernes est sans contredit celle de la fonction glycogénique du foie; mais comme toutes les théories nouvelles, la production du sucre par le foie, avant d'acquérir droit de domicile dans la science, a eu à supporter de nombreuses épreuves. On se souvient des divers Mémoires publiés par M. Figuier, où l'auteur, poussé, dit-il, par une question de sentiment et par le regret qu'il a de voir la doctrine de M. Cl. Bernard renverser les données si belles et si simples de la chimie organique, cherche lui-même à renverser l'expérience fondamentale de ce physiologiste, et à démontrer que le sucre hépatique, loin d'être le résultat d'une sécrétion propre du foie, était un produit de l'alimentation.

Je ne rappellerai pas tous les arguments à l'aide desquels M. Claude Bernard, dans ses leçons au collége de France, répondit à ces attaques, ni les conclusions de la commission de l'Institut, parce que je m'éloignerais de mon sujet. Je veux seulement dire en quoi les oblitérations de la veine-porte sont susceptibles d'éclairer cette question si intéressante de la glycogénie, et faire voir que mes expériences justifient d'une manière incontestable la théorie de M. Claude Bernard.

TROISIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Le 8 juin 1856, j'appliquai un fil autour de la veine-porte d'un chien de sept à huit mois. La température était à cette époque très-élevée. Pendant les trois premiers jours qui suivirent la ligature, le chien parut gai et mangea bien. Le soir du quatrième jour il s'échappa de la salle où il était habituellement, et passa la nuit exposé à l'air, dans une cour habituellement très-humide. Le lendemain, quand je le vis, il avait des frissons très-intenses, et je trouvai près de lui des matières bilieuses verdâtres qui avaient été rendues par des vomissements. Il mourut le soir.

J'en fis l'ouverture, et je constatai les faits suivants, qui sont d'une grande importance, comme je l'établirai plus bas :

Les parois de la veine-porte étaient très-épaissies, dures, d'une couleur blanchâtre et d'une consistance fibreuse. La capacité intérieure du vaisseau avait diminué. Sa paroi interne était très-rouge; elle était en outre, ainsi que toutes les ramifications de la veine, baignée par une matière purulente qui s'étendait jusque dans l'épaisseur du foie. On observait en effet, sur toute la surface de cet organe, de distance en distance, des taches blanchâtres superficielles. Je fis à ces divers points des incisions qui donnèrent issue à du pus : c'étaient des abcès séparés, indépendants les uns des autres, qui s'était formés dans toute l'épaisseur de l'organe hépatique, par suite de l'inflammation de la paroi interne de la veine. Je fis bouillir ce foie, hâché en morceaux très-menus, avec de l'eau et de la poudre de charbon animal. *Je traitai le liquide provenant de la décoction par la liqueur de Barreswill, qui ne fut pas décolorée.* Malgré la présence du pus dans la veine-porte et dans le tissu de l'organe, *la vésicule biliaire était pleine de bile.*

Deuxième expérience. — Un autre chien mourut trois jours après, et dans des conditions semblables. Au-dessous de la ligature je trouvai un caillot conique, répondant par son sommet à l'étranglement produit par le fil. Dans une partie du foie seulement, il existait des taches blanchâtres analogues aux précédentes, et correspondant à de petits abcès isolés les uns des autres. Dans le reste de son étendue, il offrait la coloration rouge lie de vin. Je fis bouillir une égale quantité du tissu malade et de celui qui était resté sain; les deux liquides furent mis en présence de la liqueur de Barreswill. La liqueur fut très-fortement décolorée par le liquide provenant de la portion du foie qui n'était pas malade; il se forma un précipité abondant d'oxyde de cuivre; *elle ne fut nullement altérée par le liquide provenant de la portion abcédée.*

La vésicule biliaire contenait beaucoup de bile.

Troisième expérience. — Le 8 juin, je plaçai autour de la veine-porte d'un chien âgé de cinq à six mois, une ligature qui fut nouée ensuite sur le dos de l'animal. Pendant les cinq premiers jours, le chien fut triste et peu alerte. Le sixième jour, je dénouai la ligature et je l'enlevai en tirant sur l'une des extrémités. A partir de ce moment, l'animal reprit sa gaîté, ses mouvements devinrent

plus vifs, et huit ou dix jours après il était revenu à son état le plus normal. La plaie du ventre se cicatrisa avec rapidité. *Trente-quatre jours* après avoir enlevé la ligature, je tuai l'animal par la section du bulbe rachidien, afin de voir dans quelles conditions se trouvait la veine-porte.

La paroi thoracique une fois enlevée, je fis une injection par la veine-cave inférieure, au-dessous du point d'abouclement des veines sus-hépatiques, afin d'injecter par là les anastomoses qui auraient pu se former. Prenant ensuite une des ramifications des veines de l'intestin grêle, je fis l'injection en la dirigeant du côté du foie, afin de voir si elle traverserait le tronc de la veine-porte ou bien si elle serait arrêtée par l'oblitération que je supposais devoir exister.

L'injection faite, je mis à découvert les vaisseaux du foie. Les canaux biliaires étaient très-dilatés et libres. *La vésicule biliaire était volumineuse et gorgée de bile.* L'artère hépatique libre envoyait des ramifications dans le foie.

Le foie était pâle, décoloré, d'un jaune fauve comme dans la cirrhose, et surtout atrophié. En pratiquant des incisions multiples dans son tissu, je m'aperçus que les veines sus-hépatiques étaient affaissées, car on ne distinguait pas d'orifices béants; de plus, elles étaient exsangues, car il s'écoula une très-petite quantité de sang rosé, analogue à de la sérosité.

La veine-porte, amincie, était dure, fibreuse, comme étranglée dans le point où la ligature se trouvait. L'injection poussée par les veines intestinales avait été arrêtée dans le point correspondant à l'étranglement, de telle sorte que dans l'étendue *d'un centimètre environ le tronc de la veine était oblitéré.*

Il me fut facile de constater qu'aucun vaisseau anastomotique n'avait ramené le sang dans le foie; mais je pus me convaincre qu'un réseau anastomotique avait ramené la circulation du tronc de la veine mésaraïque supérieure dans la veine-cave inférieure; en outre, il existait des anastomoses entre la veine splénique et la veine rénale, du côté droit.

Il fut donc facile d'expliquer comment les substances absorbées dans le tube digestif arrivaient dans sa circulation veineuse générale.

Immédiatement après avoir tué ce chien, et avant de faire l'in-

jection, j'enlevai des morceaux de foie que je fis bouillir comme dans les expériences précédentes; *le liquide filtré fut mis en présence de la liqueur de Barreswill, et il se produisit un précipité abondant d'oxyde de cuivre.*

J'ai conduit moi-même à Paris, pour les présenter à la commission de l'Institut, composée de MM. Claude Bernard, Rayer et Andral, cinq chiens qui furent examinés au collége de France avec la plus grande attention. Voici en résumé les faits observés :

Le premier chien avait la veine-porte oblitérée depuis trois mois. Lorsque l'animal fut sacrifié, on trouva la veine-porte fortement étranglée dans le point où le fil avait été appliqué; les parois, blanchâtres, étaient épaissies; il était incontestable qu'un travail inflammatoire avait eu lieu dans ce point. Toutefois l'oblitération n'était pas complète, car il fut possible d'introduire dans le point même où l'étranglement existait un stylet d'un assez grand calibre. M. Claude Bernard pensa que l'oblitération complète avait existé pendant quelque temps, mais que la pression du sang contre le cul-de-sac de la veine avait fait céder cet obstacle, et que la cavité du vaisseau s'était reproduite en partie. Ce fait n'avait rien d'étrange, car ces reproductions de vaisseaux ont été observées par ce physiologiste à la suite des oblitérations artificielles des canaux excréteurs.

Le sang de la veine-porte arrivait donc dans le foie au moment où l'animal a été examiné; il était alors impossible de rien conclure quant à la sécrétion de la bile et la fonction glycogénique.

Le deuxième chien fut sacrifié comme le précédent par la section du bulbe rachidien : la veine-porte offrait, dans une étendue de $0^{m}27$, l'aspect d'un cordon fibreux blanchâtre; le vaisseau paraissait complétement oblitéré; *il existait un cul-de-sac manifeste. La vésicule biliaire était remplie de bile, et le tissu du foie, soumis à l'analyse, offrait une très-grande quantité de sucre.*

Je dis que l'oblitération semblait complète. Cependant, le lendemain, M. Claude Bernard fit de nouvelles recherches, et, exerçant à l'aide d'un stylet presque capillaire une pression sur le fond du cul-de-sac, il parvint à le faire passer au-delà de l'obstacle.

Il était évident qu'une ouverture aussi étroite, puisqu'elle avait échappé à un premier examen, quoique très-attentif, ne pouvait laisser pénétrer une quantité de sang suffisante pour impliquer la

continuation de la sécrétion. Bien que cette expérience fût très-concluante, il était nécessaire, pour faire disparaître tous les doutes, de vérifier les oblitérations obtenues chez les autres animaux, non plus en se servant d'un stylet qui par sa ténuité extrême et par une pression trop forte pouvait avoir perforé le point oblitéré, mais à l'aide d'injections fines et pénétrantes. C'est ce qui fut fait.

Chez les deux autres chiens, où l'oblitération avait été obtenue depuis la même époque, on fit une injection très-fine par la veine mésaraïque supérieure; l'injection fut arrêtée brusquement au milieu de l'oblitération, et on n'y observa pas la moindre trace au-delà.

Chez ces deux animaux, la sécrétion biliaire n'avait nullement été influencée, et la sécrétion du sucre n'avait subi aucune modification. M. Leconte, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, et préparateur de M. Claude Bernard, fit immédiatement l'analyse du foie de ces deux chiens, et il y trouva la proportion normale de sucre, c'est-à-dire une quantité égale à celle que l'on rencontre dans le foie des animaux dont la veine-porte n'a subi aucune modification.

Analysons actuellement ces diverses expériences, et voyons quelles sont les conséquences que nous pouvons en tirer en faveur ou contre la fonction glycogénique du foie.

Dans une première expérience, où j'ai observé une inflammation très-prononcée de la veine-porte, inflammation qui avait occasionné la formation d'abcès dans tout le tissu du foie, *il n'existait pas de sucre dans son tissu,* car le liquide provenant de la décoction ne précipitait pas la liqueur de Barreswill. Or, dans sa huitième leçon, faite au collége de France, p. 180, M. Claude Bernard s'exprime ainsi : « Sous l'influence d'un état morbide, mais particulièrement sous l'influence d'un état fébrile aigu, le sucre n'est plus sécrété par le foie et l'on n'en retrouve plus dans son tissu. »

Dans la deuxième expérience, une partie du foie seulement était abcédée, le reste de l'organe paraissait sain. La décoction produite par la partie malade ne précipita pas la liqueur de Barreswill; l'autre, au contraire, donna un précipité très-abondant. Ne trouve-t-on donc pas dans cette affection aiguë, mais localisée, un fait analogue à ce que M. Bernard a observé dans les cas où des kystes, des hydatides ou des tumeurs de diverses natures se montrent dans le tissu du foie?

« D'autres altérations du foie, des kystes, des hydatides, des tu-» meurs de diverses natures, n'ont d'autre effet que de diminuer la » masse de la substance fondamentale du foie; car à côté de ces » lésions on trouve des parties saines présentant du sucre dans » des proportions ordinaires (1). »

Dans la troisième expérience, *où depuis trente-quatre jours la veine-porte était oblitérée,* et où par conséquent les matières absorbées dans l'intestin ne pouvaient plus arriver au foie, *la décoction obtenue immédiatement après la mort donna un précipité très-abondant d'oxyde de cuivre; donc, le foie contenait du sucre.*

Ce fait ne démontre-t-il pas de la manière la plus péremptoire combien la sécrétion du sucre est indépendante de l'alimentation, et ne justifie-t-elle pas dès lors l'assertion de M. Claude Bernard?

Que devient après cela la doctrine physiologique par laquelle on a cherché à démontrer que le foie était un réservoir, un magasin où le sucre provenant de la transformation des matières féculentes, et à leur défaut de la viande, car on'a admis qu'elle contenait ce produit, viendrait se déposer dans le tissu de cette glande par l'intermédiaire des veines mésaraïques et de la veine-porte?

Mais si ces faits établissent d'une manière incontestable la propriété qu'a le foie de faire du sucre, ils se trouveront en désaccord avec ceux qui ont pour but de prouver que le sucre est produit *par les matières azotées neutres que les veines mésaraïques et la veine-porte introduisent dans cet organe.*

M. Claude Bernard, dans le but de déterminer à l'aide de quelles substances se forme le sucre hépatique, a soumis des chiens à une alimentation tantôt exclusivement azotée, tantôt exclusivement féculente.

Expériences faites avec l'alimentation azotée. — Un chien adulte fut mis à une abstinence absolue pendant quatre jours. Après ce laps de temps, l'animal prit pendant six jours 370 grammes d'eau tiède, contenant en dissolution 20 grammes de gélatine dite alimentaire; une heure après son dernier repas, l'animal fut sacrifié par strangulation. A l'autopsie, M. Bernard constata que la décoction de foie donnait beaucoup de sucre, car elle fournissait 1,33 0/0 de tissu hépatique.

(1) *Journal des progrès des sciences médicales,* p. 126 et 127.

Un autre chien, nourri avec des pieds de mouton pendant trois jours, fut tué; le tissu du foie contenait 1,65 0/0 de sucre.

M. Bernard conclut que le sucre se forme aux dépens de la matière azotée chez les carnivores qui ne se nourrissent que de substances albuminoïdes, et qu'il est le résultat de l'action physiologique du foie sur ces principes.

Expériences faites avec l'alimentation féculente. — Un chien fut soumis à l'abstinence absolue pendant quatre jours. Puis, pendant six jours, il prit 270 grammes d'eau ordinaire, contenant en suspension 20 grammes de fécule incomplétement hydratée. A l'autopsie, on trouva 1,25 0/0 de sucre.

Chez un deuxième chien, qui prit pendant trois jours une pâtée composée de pommes de terre broyées avec de l'amidon, du sucre et de l'eau, le foie contenait 1,88 0/0 de sucre.

Dans ces expériences sur l'alimentation féculente ou sucrée, on devait naturellement s'attendre à trouver une plus grande proportion de sucre dans le foie; au lieu de cela on trouve, dit M. Bernard, « qu'il n'y en a pas une plus grande quantité après l'ingestion de ces substances dans l'intestin. Les chiffres 1,25, 1,88 0/0 ne diffèrent pas en réalité de ceux indiqués pour la gélatine et de ceux trouvés ailleurs pour des alimentations mixtes (1). »

Ces expériences démontrent bien, en effet, que c'est aux dépens des matières albuminoïdes que se forme le sucre hépatique; mais dans le cas d'une alimentation exclusivement féculente, on ne peut admettre que ce soient ces matières albuminoïdes qui le produisent, puisque l'animal n'en absorbe pas pendant la digestion. Ce sont alors les matières albuminoïdes du sang, albumine, fibrine, etc., qui ont donné naissance à ce produit. Mais dans l'oblitération complète de la veine-porte, la fonction glycogénique a toujours persisté, et cependant le foie *ne recevait d'autre sang que celui qui provenait de l'artère hépatique. On est donc rigoureusement amené à conclure que c'est le sang artériel qui donne naissance au sucre hépatique*, et que sa sécrétion, comme celle de la bile, rentre dans cette loi générale :

Toutes les sécrétions puisent dans le sang artériel les matériaux qui servent à les former.

(1) Cl. Bernard, *Leçons de Physiologie*, p. 139, 140, 142, 143, 144.

Après avoir fait connaître les résultats de mes expériences, je dois, avant d'étudier le rôle de la veine-porte dans la nutrition du foie, insister sur quelques particularités qui ont une grande importance.

Et d'abord, une première question se présente :

Est-on toujours sûr d'amener l'oblitération de la veine-porte lorsqu'on applique autour d'elle une ligature de manière à ne pas interrompre brusquement la circulation?

Pendant longtemps on a pensé et Bichat lui-même avait déclaré que la ligature de cette veine rendait impossible le maintien de la vie. Mes premières expériences semblèrent confirmer cette opinion; cependant, les modifications que j'ai apportées au procédé opératoire m'ont permis de réaliser ce double résultat :

1° Oblitération de la veine;

2° Maintien de la vie et de la santé.

Ce n'est pourtant que dans six cas sur douze que ces résultats ont été complets. D'où cela vient-il? C'est sur ce point que je veux insister, afin de mettre à même ceux qui seraient tentés de répéter mes expériences, de ne pas tâtonner autant que je l'ai fait avant d'arriver à une solution heureuse.

Mes trois premières expériences ont été faites pendant l'hiver. La quatrième et la cinquième, où le résultat a été complet, ont été faites à la même époque; mais pensant que la température pouvait avoir quelque influence sur le succès de l'opération, j'eus le soin de placer les deux chiens dans un appartement très-chaud et d'y maintenir toujours à peu près la même température. Les dernières ont été faites pendant les fortes chaleurs de l'été. La première et la dernière de la troisième série furent exécutées le même jour (8 juin). Pendant les trois premiers jours, les deux chiens furent à peu près dans les mêmes conditions; l'un d'eux sortit pendant la nuit et resta exposé à l'air dans une cour très-humide, et dès lors le résultat fut compromis. *Je suis donc convaincu que pour réussir, il faut avant tout soumettre les animaux à une température élevée, et les soustraire à toutes les variations atmosphériques. En deuxième lieu, il faut choisir des chiens jeunes; c'est même une condition importante du succès.*

3° Il faut faire l'expérience rapidement et éviter autant que possible qu'il s'épanche du sang ou d'autres liquides dans la cavité abdominale;

4° Enfin, il faut avoir soin, lorsqu'on place la ligature autour de la veine, de ne pas trop presser sur sa paroi, afin que la circulation ne soit que peu ou même point troublée dès le début de l'expérience.

Quelle a été la cause de la mort dans les cas où j'ai essayé de produire l'oblitération de la veine?

On pourrait croire que la présence d'une ligature dans la cavité abdominale, doit amener nécessairement le développement d'une péritonite, et par suite la mort. Or, dans mes expériences, une fois seulement j'ai pu attribuer la mort de l'animal à l'inflammation du péritoine. On sait parfaitement, du reste, que l'on peut, lorsqu'on crée des fistules biliaires, placer autour du canal cholédoque un fil qui reste dans le ventre sans déterminer d'accidents inflammatoires mortels, mais, ce qui est plus à redouter, la phlébite de la veine-porte, qui, lorsqu'elle ne se localise pas, entraîne la formation d'abcès dans le foie. Lorsque cette phlébite se localise, au contraire, dans le point où la ligature est appliquée, elle contribue puissamment à produire l'oblitération du vaisseau.

CHAPITRE IV.

DU RÔLE DE LA VEINE-PORTE DANS LA NUTRITION DU FOIE.

La veine-porte sert-elle à la nutrition du foie?

On regarde la veine-porte comme un vaisseau mixte, qui ressemble à la fois, par sa constitution et ses propriétés, 1° aux veines, 2° aux artères,

1° *Aux veines*, car elle reçoit du sang qui après avoir traversé le système capillaire, lui arrive chargé de matériaux usés, qui doivent de nouveau subir l'hématose;

2° *Aux artères*, car l'absorption y introduit à chaque instant des substances nouvelles provenant de la transformation des aliments.

Il y a donc dans la veine-porte, à côté de matériaux usés, impropres à l'entretien de la vie, des substances qui vont au contraire servir à la renouveler dans les organes où elles se déposeront.

Nous avons dit déjà que, d'après les recherches de M. Jules Béclard, les quantités d'albumine et de globules contenues dans la veine-porte variaient suivant qu'on les analysait au commencement ou à la fin de la digestion. Au commencement, il y a plus d'albumine et moins de globules; à la fin, c'est le contraire. Il y a donc eu dans les vaisseaux eux-mêmes une transformation de la première de ces substances, transformation qui a eu pour conséquence d'augmenter le nombre des globules.

Si l'on suit actuellement les diverses substances dans le foie, ou mieux si l'on cherche ce qu'elles sont devenues dans cet organe, on voit qu'il n'en existe plus. Dans un Mémoire présenté à l'Académie des Sciences, et dans lequel il relate les détails d'analyses faites sur les organes de la veine-porte et des veines sus-hépatiques, M. Lehman arrive à ces conclusions :

1° Le sang de la veine-porte contient de la fibrine, le sang des veines sus-hépatiques au contraire, soigneusement recueilli et sans mélange, ne contient pas de fibrine; donc, cette matière disparaît presque en totalité dans le foie.

2 Des analyses très-soignées et comparatives, entre le sang de la veine-porte et celui des veines sus-hépatiques, ont prouvé à M. Leh-

man qu'une quantité remarquable d'albumine disparaît aussi dans le foie.

3° Le fer disparaît également en grande partie.

Que l'on songe actuellement aux résultats de l'oblitération de la veine-porte, et il sera rationnel d'admettre *que le foie s'approprie pour sa propre nutrition les éléments que le sang de cette veine lui abandonne en le traversant.*

Dans tous les cas où j'ai obtenu des oblitérations complètes, j'ai observé deux faits qui sont constants : 1° la décoloration ; 2° une diminution sensible dans le volume du foie. Chez l'homme, on a de plus observé cette altération, connue sous le nom de *cirrhose*. Or, la décoloration, l'atrophie, et enfin le changement dans la nature du tissu d'un organe, ne sont-ils pas des signes qui indiquent un trouble dans la nutrition ?

Je suis donc porté à admettre que la veine-porte constitue le principal vaisseau nourricier du foie.

Sortant du domaine de la physiologie, on peut se demander si cette expérience, par laquelle on amène lentement l'oblitération d'une veine aussi considérable, ne peut avoir des applications utiles à la chirurgie, et si, imitant ce que j'ai fait sur les animaux, il ne serait pas possible, par exemple, d'amener la guérison des varices par ce procédé opératoire? Dans quelques circonstances où l'on a à traiter des anévrysmes, l'interruption brusque de la circulation peut occasionner un sphacèle général ou partiel d'un membre. N'y aura-t-il pas lieu dans les cas de ce genre, lorsque les conditions anatomiques rendront difficile le rétablissement prompt d'une circulation anastomotique suffisante, d'avoir recours à ces ligatures temporaires qui permettent à cette circulation collatérale de s'établir avant que le sang ait cessé de couler dans le tronc principal?

Arrivé au terme de ce travail, je ne me dissimule pas qu'il renferme des lacunes et qu'il fait surgir bien des questions nouvelles. N'est-il pas en effet naturel de se demander :

1° Quelles sont exactement les voies anastomotiques veineuses qui s'établissent après l'oblitération complète de la veine-porte?

2° Que deviennent les ramifications de ce vaisseau dans le foie après l'oblitération du tronc principal?

3° Quelles sont les modifications qu'elles offrent dans leurs rapports avec l'artère et les cellules hépatiques?

4° Si la sécrétion de la bile continuant à se faire, n'a pas subi des oscillations dignes d'être notées, et si des fistules biliaires faites en même temps que l'oblitération du vaisseau ne pourront pas conduire à la solution de cette question?

5° Si, la veine étant fermée, la décoction du tissu du foie offrira cette *teinte blanchâtre laiteuse* que M. Claude Bernard a signalée chez les animaux nourris exclusivement avec des matières féculentes, et qui lui a fait considérer le foie comme possédant cette autre fonction qui consiste à transformer en une matière grasse spéciale le sucre qui provient de la digestion des fécules?

6° Si la piqûre du bulbe rachidien produira chez les animaux dont la veine-porte est oblitérée le diabetès artificiel, qu'elle amène chez ceux dont les conditions anatomiques n'ont pas été changées dans le foie?

Mais toutes ces questions, dont on ne saurait contester l'intérêt, nécessitent des recherches nombreuses, et feront l'object d'un nouveau travail pour lequel j'ai déja réuni quelques matériaux.

CONCLUSIONS.

1° La veine-porte joue un rôle important dans l'absorption, car c'est par elle que l'albuminose et le glycose résultant de la transformation des matières féculentes et albuminoïdes arrivent dans l'organisme.

2° Cette veine peut être oblitérée sans que la vie soit compromise, et alors ces substances pénètrent par des voies anastomotiques dont j'ai parlé dans mon Mémoire.

3° Malgré l'oblitération de la veine-porte, et bien qu'aucun vaisseau anastomotique ne la remplace, *la sécrétion biliaire continue*. Or, dans ces conditions le foie ne recevant d'autre sang que celui qui provient de l'artère hépatique, il est évident que cette sécrétion, comme toutes les autres, puise ses matériaux dans le sang artériel.

4° La sécrétion du sucre par le foie persistant malgré l'oblitération complète, on est obligé de reconnaître que la production de la matière sucrée est, comme l'a établi M. Claude Bernard, une

sécrétion propre du foie et complétement indépendante de l'alimentation.

5° L'expérience démontre que le sucre hépatique provient des matières albuminoïdes. Or, pendant l'abstinence, c'est aux dépens des substances albuminoïdes *du sang* qu'il se forme.

6° La sécrétion continuant malgré l'oblitération, n'est-on pas conduit à penser que c'est, dans ce cas, le sang de l'artère hépatique qui fournit au foie les matériaux de cette sécrétion?

7° Enfin, la décoloration, l'atrophie et les changements dans la texture du foie qui surviennent à la suite de l'oblitération, semblent prouver que la veine-porte est le principal vaisseau nourrissier du foie, tandis que l'artère servirait d'une manière presque exclusive aux sécrétions qui s'y accomplissent.

CINQUIÈME PARTIE.

LES OBSERVATIONS RECUEILLIES CHEZ L'HOMME CONFIRMENT-ELLES LES CONCLUSIONS PRÉCÉDENTES QUI DÉCOULENT DES EXPÉRIENCES PRATIQUÉES SUR LES ANIMAUX?

La réponse à cette question se trouve dans un mémoire important *(Observations et Recherches sur les oblitérations de la veine-porte)* publié dans le *Journal de Médecine de Bordeaux,* 1856, p. 1, 61, 132, par M. Gintrac, directeur de l'École de médecine de la même ville. Ce travail renferme l'histoire de tous les cas d'oblitération épars dans la science. Ils s'élèvent au nombre de trente-quatre, parmi lesquels six ont été observés à la clinique médicale de l'hôpital Saint-André. Je rapporterai ces derniers dans toute leur étendue et tels que l'auteur lui-même les a fait connaître. Je prendrai parmi les autres ceux qui se rattachent d'une manière plus directe à la question dont je m'occupe, me contentant de les indiquer d'une manière abrégée.

Trois observations ont été publiées par M. Reynaud *(Journal hebdomadaire,* 1829, t. XIV, p. 152 et 160). — Dans la première, il s'agit d'un homme de cinquante ans qui avait subi deux fois l'opération de la paracenthèse, et qui offrit à la nécropsie une oblitération presque complète de la veine-porte par un caillot composé de deux couches. La plus externe, très-dense, adhérait à la membrane interne, qui était épaissie, rugueuse et injectée. Le tronc des veines mésaraïque et splénique était oblitéré par un caillot fibrineux. Les veines sous-péritonéales diaphragmatiques et intercostales étaient dilatées et flexueuses. *Le foie n'avait pas les dimensions ordinaires.*

IIe Observation.

Un individu, âgé de quarante-huit ans, malade depuis un an, ayant eu des douleurs dans les hypochondres, des coliques, une ascite, une anasarque, de la diarrhée, etc., *présentait de chaque côté du tronc des veines superficielles et saillantes, se portant de l'aine vers l'aisselle.* Les veines du mésentère étaient élargies et flexueuses. L'une d'elles se

trouvait obstruée par un caillot dense et fort adhérent, qui se continuait dans la veine-porte, mais sans l'oblitérer complétement. Le foie était granuleux. M. Reynaud ne dit pas dans quel état se trouvait la sécrétion biliaire.

IIIe Observation.

Chez un autre malade, le même observateur trouva le foie granuleux et comme raccorni. La veine-porte était entièrement remplie par une substance cellulo-vasculaire, très-adhérente aux parois, constituée par un caillot ancien et organisé.

IVe Observation,

Recueillie par M. Raikem, professeur à la Faculté de médecine de Liége.

Un cloutier, âgé de cinquante-sept ans, avait eu, en 1808, des fièvres intermittentes, et conservait depuis cette époque un développement marqué de l'abdomen. Il était survenu depuis quelque temps de la diarrhée, des coliques, une ascite, de l'œdème aux membres inférieures, etc. Il mourut en juillet 1848. — *Nécropsie.* — Sérosité infiltrée dans le tissu cellulaire et épanchée dans l'abdomen, épiploon et mésentère chargés de graisse, intestins hypérémiés, infiltrés, hypertrophiés, tapissés par une couche de sang liquide; veines mésentériques très-dilatées et gorgées de sang; ***veine-porte entièrement oblitérée par des concrétions adhérentes aux parois,*** molles et d'un blanc rougeâtre, formée par de la fibrine stratifiée et mêlée de caillots récents. Membrane interne de cette veine épaissie et encroûtée de vingt lamelles dures de nature osseuse. ***Foie atrophié. Vésicule à parois épaisses et opaques contenant une bile séreuse jaunâtre orangé.*** Tronc de l'artère hépatique ayant trois lignes de diamètre, ne contenant pas de sang coagulé. (***Observations, réflexions et aperçus sur quelques affections morbides de la veine-porte. — Mémoire de l'Académie royale de Belgique,*** 1845.)

Ve Observation.

On trouve dans *la Gazette des Hôpitaux* (1848, p. 420), un bel exemple d'ossification de la veine-porte, rapporté par M. Frisson, d'Orléans. Le malade, âgé de cinquante ans, faible et lymphatique, avait eu des fièvres intermittentes. — ***Il fut atteint d'ictère, de vomissements abondants d'une bile épaisse,*** de dyspnée, de diarrhée, d'ascite. Les veines superficielles de l'abdomen étaient très-saillantes, surtout à droite.

Nécropsie. — Pseudo-membranes dans les plèvres; sérosité trouble et

avec flocons albumineux dans le péritoine, qui est lie de vin; adhérences mutuelles de plusieurs anses intestinale; ganglions mésentériques engorgés; *veines de l'abdomen dilatées flexueuses,* remplies en certains points de caillots denses; muqueuse gastro-intestinale épaissie et d'un rouge livide; rate très-volumineuse; *foie petit, dur, couvert d'une fausse membrane; 90 grammes de bile dans la vésicule; veine-porte complétement ossifiée dans son pourtour,* formant une sorte d'étui exactement rempli par une matière rouge et dure qui se continue avec des caillots demi-solides

Les six observations suivantes ont été recueillies à la clinique de M. Gintrac. Je les rapporte telles qu'elles sont consignées dans *le Journal de Médecine de Bordeaux,* 1856, p. 15 et 61.

Ire Observation.

Affection organique du cœur; aortite; ascite; atrophie du foie; ossification et oblitération de la veine-porte.

Dominique Pierron, âgé de quarante-cinq ans, de Juville, département de la Meurthe, de haute stature, d'une constitution forte, d'un tempérament lymphatico-sanguin, avec prédominance nerveuse, ayant été longtemps militaire, retiré du service depuis deux ans, était employé comme manœuvre dans les travaux de maçonnerie.

Les fatigues de la guerre avaient depuis sept ans altéré sa santé. Sujet à des palpitations de cœur, à de la gêne dans la respiration, il était entré à l'hôpital du Gros-Caillou avec un commencement d'ascite. Traité par l'application des ventouses scarifiées et des sangsues sur l'abdomen, et par l'emploi des purgatifs, il se trouva mieux, mais demeura plus ou moins souffrant. Depuis deux ans, la dyspnée, les battements de cœur, la tuméfaction du ventre, et l'œdème des membres inférieurs, l'obligèrent à cesser tout travail et à demander les secours de l'art. On lui fit une saignée du bras; on lui donna quelques purgatifs. Il n'en éprouva aucun soulagement.

Admis le 10 juin 1842 à l'hôpital Saint-André, il présentait les symptômes suivants :

Il avait la respiration très-gênée, surtout dès qu'il marchait. Les battements du cœur étaient énergiques, tumultueux, avec un bruit de souffle assez distinct; et sur la région sternale on entendait un léger bruit de râpe. Les battements des carotides étaient également un peu sonores. Le pouls était calme, mais plein; l'abdomen distendu; au niveau de la région ombilicale, il avait 97 centimètres de circonférence; météorisé au centre, il présentait de la matité sur les côtés. Celle-ci se prononçait en

bas lorsque le malade se tenait debout. La fluctuation était manifeste. La langue était sèche, rouge sur les bords et à la pointe, couverte au milieu d'un enduit brunâtre. Les gencives étaient saignantes, mais non livides; il y avait de la soif, de l'anorexie, de la céphalalgie, et parfois des éblouissements et quelques épistaxis. Une saignée du bras de 400 grammes fut pratiquée (caillot mou, non couenneux). Je prescrivis pendant plusieurs jours la tisane de chiendent nitrée, la digitale, la scammonée, la crème de tartre, puis le suc de sureau. Les symptômes s'amendèrent. Le 30 juin, le malade se sentant de l'appétit, se fit porter de dehors une assez grande quantité d'aliments. Son état s'aggrava, la distension du ventre augmenta, l'œdème s'étendit, le pouls s'affaiblit malgré l'emploi des toniques; la mort arriva le 3 août.

Nécropsie. — Infiltration générale.

Thorax. — Épanchement séreux peu abondant dans chaque plèvre, qui ne présente aucune trace d'inflammation.

Poumons engoués, rougeâtres, surnageant dans l'eau.

Le cœur est volumineux. Son étendue, de la base au sommet, est de 14 centimètres, et dans le sens transversal de 11. Les parois du ventricule droit sont très-minces; l'intérieur de cette cavité, de l'oreillette, et de l'artère pulmonaire, a une teinte rouge violacée. La cloison interventriculaire a deux centimètres d'épaisseur. Les parois du ventricule gauche ont la même épaisseur; elles sont fermes, rougeâtres; les colonnes charnues y sont très-développées.

L'aorte présente à son origine, et dans une étendue d'un décimètre environ, une lésion assez notable; sa face interne, d'une teinte rougeâtre violacée, est parsemée de plaques blanchâtres, arrondies, saillantes, de consistance cartilagineuse, et de quelques autres plaques d'un rouge assez foncé, moins denses, et assez analogues, pour l'aspect, à une affection pustuleuse.

Abdomen. — Le péritoine contient à peu près 2 kilogrammes de sérosité limpide. Cette membrane n'est nullement enflammée.

Le foie est pâle, plus petit que dans l'état normal, comme ratatiné. Sa surface est mamelonnée, d'une couleur blanchâtre. Divisé dans le sens de sa longueur, sa séparation en deux lobes est rendue très-sensible par un tissu blanchâtre qui forme une large ligne de démarcation. Le tissu de cet organe offre des points d'un rouge brun.

La vésicule biliaire contient une quantité moyenne d'un liquide jaune peu épais. Les canaux biliaires n'ont aucune disposition anormale.

La veine-porte, au-dessus du point de jonction des veines splénique et mésentérique supérieure, présente une altération assez curieuse. D'abord, elle est remplie par un *caillot qui paraît fort ancien,* et ad-

hère à la membrane interne; il a une couleur noirâtre foncée et est assez ferme. *Les parois de la veine-porte dans le même lieu présentent plusieurs lames osseuses*. Il y en a trois principales; leur longueur est de 1 à 2 centimètres, leur épaisseur varie de 1 à 2 millimètres; leur forme est irrégulière; l'une d'elles présente un prolongement bicorne; elles sont la plupart anguleuses. Elles sont placées entre les membranes interne et moyenne de la veine, y sont enchâssées, mais peu adhérentes.

Toutes les veines de l'abdomen qui aboutissent à ce vaisseau sont gorgées de sang et variqueuses.

La rate est allongée, comme marbrée et blanchâtre à l'extérieur, d'un rouge foncé à l'intérieur.

La muqueuse gastrique a une teinte brunâtre.

L'iléon, près de sa terminaison, offre de la rougeur.

Les ganglions mésentériques sont un peu développés.

IIe Observation.

Ascite; cirrhose du foie; veine-porte obstruée par un caillot formé de plusieurs couches.

Jean Deyron, âgé de soixante-huit ans, né au Barp, et domicilié à Biganos, département de la Gironde, meunier, d'une constitution faible, d'une petite stature, ayant eu à plusieurs reprises des fièvres intermittentes, était sujet à des palpitations de cœur. Celles-ci, il y a quatre mois, devinrent plus intenses, surtout par la moindre fatigue. Bientôt après, l'abdomen se tuméfia, les jambes s'œdématièrent, l'appétit devint nul; les selles étaient tantôt liquides et fréquentes, tantôt rares et solides.

Entré le 19 avril 1844 à l'hôpital Saint-André, il était amaigri, pâle; son pouls, petit, régulier, peu fréquent. Il avait de l'oppression. Les battements de cœur étaient forts, étendus, mais réguliers et sans bruit anormal. Le thorax percuté présentait de la matité inférieurement des deux côtés, mais principalement à gauche. Le bruit respiratoire s'entendait assez bien. Il y avait de l'inappétence, sécheresse de la bouche, soif. L'abdomen était très-volumineux, indolent, météorisé et sonore à l'épigastre dans le décubitus dorsal; mat et très-fluctuant partout ailleurs. Aucun des viscères abdominaux ne faisait de saillie, ou ne pouvait être distingué à travers les parois. Point de selles depuis quelques jours, urines rares, douleurs lombaires, œdème des membres inférieurs.

Ce malade vécut encore un mois. Deux fois la paracenthèse fut pratiquée; elle ne produisit qu'un soulagement momentané.

La nécropsie eut lieu le 20 mai.

La maigreur était considérable, la raideur cadavérique assez prononcée.

Les poumons avaient perdu de leur volume, étant refoulés en haut, mais leur tissu était sain.

Le cœur, peu volumineux, n'offrait rien d'anormal. Le péricarde renfermait une petite quantité de sérosité sanguinolente.

La cavité abdominale, distendue par la sérosité, était très-vaste. Le péritoine avait une teinte légèrement grisâtre.

Le foie, très-petit, n'avait que 23 centimètres de longueur sur 14 de devant en arrière. Sa couleur était jaunâtre, son tissu un peu mou, surtout vers sa périphérie; la vésicule biliaire dans l'état ordinaire.

La veine-porte hépatique était oblitérée dans toute son étendue par un caillot fibrineux considérable, formé de couches concentriques. Les plus extérieures étaient décolorées et très-denses; à l'intérieur, elles avaient la couleur noirâtre d'un sang plus récemment coagulé. Ce coagulum paraissait prendre son origine au confluent des veines qui se réunissent sous le foie; les mésentériques étaient très-développées.

Les parois de la veine-cave étaient épaisses, mais d'une couleur naturelle.

L'aorte abdominale offrait deux petites taches noirâtres, de 2 à 3 millimètres de diamètre. L'artère splénique était très-large.

La rate, peu volumineuse, avait un aspect comme marbré à l'extérieur, et offrait à l'intérieur les apparences de l'organisation du foie.

Les reins, ayant leur surface extérieure un peu inégale, étaient sains à l'intérieur.

Les autres viscères n'offraient rien de remarquable.

IIIe Observation.

Ascite; cirrhose du foie; oblitération complète de la veine-porte par un caillot consistant.

Jeanne Dudon, âgée de quarante-sept ans, de Trensac (Landes), veuve, ayant eu trois enfants, douée d'une constitution assez bonne, d'un tempérament sanguin, a été habituée dès son enfance à travailler la terre. Menstruée à l'âge de vingt ans, elle ne l'est pas depuis quelques mois. Atteinte de fièvres intermittentes à diverses reprises, elle a rarement fait usage de quinine. Dans le mois de juillet 1846, cette femme a ressenti des douleurs peu vives et non continues dans les côtés de l'abdomen, s'étendant en avant des flancs aux hypochondres et en arrière jusqu'aux lombes; elle éprouvait une forte chaleur à l'hypogastre lors de l'émission des urines, qui étaient rares; elle avait une fièvre peu intense, mais continue, avec paroxysmes marqués par un sentiment de froid aux pieds. Le ventre s'était distendu, et les membres inférieurs étaient œdémateux. Il y avait environ un mois que cet état existait lorsque la malade entra, le 1er septembre 1846, dans le service de la clinique interne.

Elle avait la peau fraîche, le pouls petit et fréquent, facile à déprimer; la face présentait une teinte jaunâtre, terreuse; la sclérotique conservait son état normal. Langue un peu rouge, jaunâtre, humide; appétit; bouche sèche et amère. Abdomen distendu, formant une tumeur arrondie, très-saillante, soulevant l'ombilic, et recouverte de téguments très-amincis et presque transparents. La percussion, sonore à l'épigastre, donne un son mat dans presque toute l'étendue de l'abdomen. La fluctuation est très-manifeste. La circonférence du ventre est de 104 centimètres. Les veines des parois sont très-développées. L'urine est rare et un peu rouge. Les selles sont peu consistantes. L'œdème est considérable aux membres inférieurs, et se propage jusqu'au tronc. (Tisane de chiendent nitrée, potion avec oximel scillitique, 2 grammes, et sirop de Nerprun, 15 grammes.)

Du 2 au 5, les évacuations alvines sont assez copieuses et liquides. Le 6, l'opération de la paracenthèse est pratiquée, et donne issue à une grande quantité d'un liquide séreux, jaunâtre, un peu trouble. La palpation de l'abdomen ne fait reconnaître aucun développement anormal du foie. La rate paraît volumineuse.

Peu de jours après, le ventre se distend de nouveau; l'œdème des membres inférieurs fait des progrès. Le 9, une large ecchymose s'étend de l'aine gauche au pubis. (Digitale, scille, scammonée, ãã 0,20.) Le même état continue jusqu'au 17; alors, le ventre s'est de nouveau rempli de beaucoup de sérosité. Le 21, la ponction est pratiquée une seconde fois. Du 22 au 28, l'état s'aggrave de plus en plus, et la mort arrive le 29.

Nécropsie. — Aucune altération dans les organes circulatoires et respiratoires.

L'abdomen contient beaucoup de liquide de couleur citrine. Le péritoine n'est pas enflammé; sa surface est lisse et blanche. La muqueuse de l'estomac est saine, mais présente une légère rougeur vers la grande courbure. Les instestins offrent des arborisations partielles et multipliées.

Le foie est petit; il n'a que 24 centimètres dans sa plus grande longueur, 11 de devant en arrière, et 4 en épaisseur. Sa surface est mamelonnée. Son tissu est dense, d'une couleur jaune fauve. *La vésicule biliaire est à l'état normal et contient de la bile. La veine-porte est entièrement oblitérée par un caillot comme moulé dans sa cavité; ce caillot est fibrineux, consistant, compact, et il résiste à la distension; on ne peut que difficilement le déchirer; il est évidemment ancien.*

La rate est assez développée. Les reins sont à l'état normal.

IVe Observation.

Ascite; cirrhose du foie; veine-porte oblitérée par une matière pulpeuse.

Arnaud Fauquet, âgé de quarante-cinq ans, natif de Béliet (Gironde), domicilié dans le canton de La Brède, exerçait la profession de pâtre. La région dorsale de ses mains présentait un épiderme fin et gercé comme chez ceux qui ont été atteints de pellagre. Il se nourrissait de pain de seigle, de pâtes de maïs et de millet, et buvait de l'eau de mauvaise qualité. Il avait éprouvé des accès irréguliers de fièvre intermittente contre lesquels le sulfate de quinine n'avait point été employé.

A la fin de septembre 1846, Fauquet fut atteint de douleurs dans les lombes, qui gênaient beaucoup la marche et les mouvements du tronc. Les douleurs durèrent deux mois. Pendant ce temps il pouvait encore sortir et travailler. Les urines étaient épaisses et abondantes. En novembre, un œdème commença aux pieds et s'étendit aux jambes; le mois suivant, l'abdomen augmenta rapidement de volume. Cet état dura huit jours; puis, subitement et spontanément, le ventre s'affaissa. Dans le mois d'avril 1847, l'œdème, qui avait considérablement diminué, reparut, et le ventre se distendit de nouveau.

Admis à la clinique le 20 mai suivant, le malade offrait une coloration assez naturelle de la face; les membres supérieurs étaient amaigris, les inférieurs œdémateux dans toute leur étendue. La langue était sèche, fendillée à sa base, rouge principalement sur les bords; il y avait de l'inappétence, peu de soif, point de nausées. Le ventre, uniformément distendu, mesurait 107 centimètres de circonférence. Les veines sous-cutanées des parois abdominales étaient très-apparentes. La percussion donnait un son clair autour de l'ombilic et à l'hypochondre gauche, mat dans les autres régions de l'abdomen. La fluctuation d'un liquide était évidente. L'urine, assez abondante, ne donnait point de précipité par l'acide nitrique.

La toux était rare; elle provoquait l'expectoration de quelques crachats muqueux et jaunâtres. La respiration était peu gênée. La percussion thoracique donnait un son clair de chaque côté jusqu'au cinquième espace intercostal. La matité commençait en ce point. La respiration était bronchique au sommet des deux poumons, obscure sur les côtés. On distinguait du râle muqueux en arrière. Les battements du cœur n'étaient pas précipités. Les deux bruits étaient distincts et séparés par un intervalle très-sensible. Le second temps s'accompagnait d'un bruit de souffle, surtout marqué depuis le mamelon gauche jusqu'à la ligne médiane du sternum. Le pouls était dur, régulier, et donnait 70.

Du 22 mai au 6 juin, l'état de Fauquet varia peu. Ce malade prit ha-

bituellement de la digitale, de la scille et de la scammonée, qui provoquaient de deux à quatre selles par jour et un flux d'urine assez abondant. Néanmoins, la distension de l'abdomen fit des progrès; l'œdème des membres inférieurs devint considérable.

Le 11, la paracenthèse fut exécutée. Dès le lendemain, le ventre avait recommencé à se tuméfier. Aucun organe ne faisait de saillie spéciale; la pression sur les diverses régions demeurait sans douleur, la diarrhée était devenue abondante.

Le 16, pouls petit, fréquent; il y a peu de dyspnée; ventre douloureux; fluctuation très-manifeste : un mètre de circonférence; diarrhée très-forte. Vers trois heures, frissons très-vifs, peau froide, pouls très accéléré et misérable; respiration de plus en plus gênée, face cadavéreuse. Mort pendant la nuit.

Nécropsie. — Flaccidité des membres, œdème des extrémités inférieures, distension considérable du ventre. Le péritoine contient une très grande quantité d'un liquide clair et de couleur citrine; mais dans les parties les plus déclives, surtout près du foie, de la rate et des reins, il est trouble et mêlé de quelques flocons albumineux. Le péritoine présente une injection générale de ses vaisseaux; la portion de cette membrane qui avait été traversée par le trocart, n'est pas plus rouge qu'ailleurs.

Le foie est petit, inégal, mamelonné à sa surface, et déformé dans son ensemble. Son tissu est dense, compact, constitué par des granulations nombreuses et conglomérées, d'une couleur jaune foncé. *La vésicule biliaire, les canaux cystique, hépatique et cholédoque, sont dans l'état normal.*

La veine-porte, au moment de se bifurquer pour entrer dans le foie, est remplie par une *substance jaune brunâtre, assez molle, pulpeuse ou pultacee, et que l'on pourrait comparer à de la matière encéphaloïde ramollie.* Toutefois, on reconnait que cette substance n'est qu'un ancien caillot sanguin dégénéré. *Il oblitère complétement toute l'étendue de la veine, et adhère à ses parois,* qui présentent un peu de rougeur.

L'estomac a une teinte brunâtre, ardoisée, surtout vers le pylore; les intestins sont injectés, les autres organes n'offrent aucune lésion notable.

Ve OBSERVATION.

Ascite; cirrhose du foie; points d'ossification de la veine-porte, fausse membrane et caillots; oblitération partielle de cette veine.

Pierre Carriot, âgé de soixante-six ans, né à Coutances (Manche) domicilié à Bordeaux, manœuvre, a joui d'une assez forte constitution; il est d'un tempérament lymphatique. Son régime ordinaire était assez bon

et régulier. Il était dévenu hémorrhoïdaire depuis trois ans; le flux sanguin, abondant pendant les deux premières années, était à peu près nul depuis un an.

Le 15 avril 1849, sans cause connue, cet individu fut pris subitement d'une rétention d'urine qui dura trois jours, et qui cessa par l'usage des cataplasmes émollients sur l'hypogastre et des tisanes diurétiques. Bientôt après, sans avoir éprouvé ni palpitations de cœur ni gène de la respiration, les jambes, puis les cuisses, se tuméfièrent. Des douleurs très-vives avaient été ressenties dans les lombes : elles rendaient la marche très-difficile; le ventre ne tarda pas à devenir volumineux; le malade entra le 30 mai à l'hôpital.

L'amaigrissement et la faiblesse n'étaient pas encore considérables; la langue était blanche, la soif peu vive; il y avait de l'inappétence. L'abdomen, uniformément distendu, avait 95 centimètres de circonference; il était indolent à la pression, à peu près mat dans toute son étendue, ne donnant un son clair qu'autour de l'ombilic. La fluctuation était manifeste. Les selles étaient naturelles; l'urine, assez abondante, donnait par l'acide nitrique un précipité blanc.

Toux légère et sèche; battements du cœur réguliers : les deux bruits distincts; aucun souffle anormal; pouls 56, petit. (Scille, 0,05, scammonée, 0,50.)

Du 31 mai au 6 juin, continuation du même état et des mêmes moyens.

Le 7, on constate une légère diminution du volume de l'abdomen. (Tisane de chiendent avec acétate de potasse, et potion avec oximel scillitique.)

Le 11, l'urine dépose un sédiment formé de phosphate de chaux et de mucus. L'acide nitrique ajouté n'augmente pas le précipité, et même il le dissout. Le ventre acquiert plus de développement.

Le 12, la paracenthèse est pratiquée.

Le 13, l'écoulement du liquide permet de reconnaître un développement assez considérable de la rate. (Extrait de jusquiame 4 gr., protoiodure de fer 0, gr. 30, pour trente pilules; en prendre trois chaque jour.)

Dès le 15, bien que le malade se dise mieux, l'abdomen parait se remplir encore de liquide.

Le 20, la distension est telle, qu'une deuxième ponction est jugée nécessaire.

Du 21 au 25, il survient chaque jour plusieurs évacuations diarrhéiques.

Le 26, des vomissements ont lieu.

Du 27 au 7 juillet, la diarrhée et les vomissements sont presque continuels, les forces s'anéantissent, la face est d'une extrême pâleur, le péritoine se remplit de nouveau, le pouls est à 108 et très-petit; il y a du délire, la parole s'embarrasse, et le malade meurt.

Nécropsie. — Le 8 juillet, les poumons sont sains; le cœur est dans l'état normal.

L'abdomen contient une grande quantité de sérosité limpide et un peu jaunâtre.

La rate a 23 centimètres de longueur, 14 de largeur et 7 d'épaisseur. Son tissu est consistant, dense, d'un rouge brunâtre. A sa surface se trouvent quelques plaques fibro-cartilagineuses, blanchâtres, dures et arrondies.

Le foie est petit, presque arrondi : il n'a que 18 centimètres transversalement, et 15 d'avant en arrière. Son tissu est dense, compact, jaunâtre dans toute son étendue. La *vésicule biliaire est développée, elle contient une assez grande quantité de bile verdâtre;* les canaux biliaires ne présentent rien de particulier.

La veine-porte, un peu avant sa bifurcation, offre plusieurs points d'ossification; elle est oblitérée en partie par *des caillots sanguins brunâtres assez consistants et qui paraissent être anciens.* Contre la surface interne de la veine est accolée dans une grande étendue une fausse membrane jaunâtre et résistante.

Les reins sont à l'état normal.

La muqueuse gastro-intestinale présente une injection générale.

VIe Observation.

Ascite; péritonite, suite d'injection iodée; oblitération de la veine-porte.

Marie Dubos, âgée de quarante-deux ans, née à Noles (Landes), mariée, ayant eu deux enfants, douée d'un tempérament lymphatique, occupée aux travaux des champs, se nourrissait de pain de seigle, de viande de porc et de poisson salé. Elle avait toujours été assez bien réglée, mais avait cessé de l'être depuis le mois de novembre 1853. A cette époque, elle eut des accès de fièvre tierce. Presque en même temps, l'abdomen, déjà volumineux depuis plusieurs années, se tuméfia, et un œdème se prononça vers les membres inférieurs. Il survint des douleurs dans le ventre et spécialement à l'épigastre. La respiration devint de plus en plus gênée, et des accès de fièvre irréguliers se manifestèrent.

État de la malade le 19 juin 1854, jour de son entrée à l'hôpital Saint-André : Face pâle, d'un jaune terreux; amaigrissement général; développement notable de l'abdomen, qui donne à l'épigastre et à la partie supérieure de l'hypochondre gauche un son clair, et de la matité dans les autres régions. Fluctuation très-manifeste. État variqueux des veines superficielles du tronc; oppression très-forte pendant le décubitus dorsal; large matité à la région précordiale, battements du cœur forts, durs, précipités et à temps distincts. Point de matité des deux côtés du thorax; râle muqueux; langue normale; diarrhée.

Les dimensions de l'abdomen s'accroissant avec rapidité, et la circonférence, au niveau de l'ombilic, étant de 1 mètre 42 centimètres, la ponction fut prescrite pour rendre la dyspnée moins fatigante; les parois abdominales, devenues plus souples, permirent de constater une certaine rénitence à l'épigastre et aux hypochondres. (Tisane de chiendent avec acétate de potasse; scille, 0,50; scammonée, 1,0.)

Malgré les évacuations assez copieuses qui furent provoquées, il fallut le 8 juillet répéter la ponction. Le ventre avait repris 1 mètre 22 centimètres de circonférence. De cette époque au 25, il survint une légère varioloïde. Alors l'abdomen avait 1 mètre 7 centimètres de tour, et la gêne de la respiration était extrême. On renouvela la paracenthèse. La malade fut ensuite soumise à l'usage d'un apozème hydragogue qui provoqua des selles abondantes, mais n'empêcha pas le retour de l'ascite. Le 26 août, la ponction fut encore faite et suivie d'une injection iodée. La douleur fut très-vive; le pouls devint très-petit et tomba à 52. Peu à peu, les douleurs se dissipèrent et le pouls revint à 70; la malade vécut jusqu'au 16 septembre, présentant les indices d'un affaiblissement, d'un dépérissement rapide, et de la diarrhée, en même temps que le ventre se tuméfiait.

Nécropsie. — Amaigrissement général, œdème des membres inférieurs.

Poumons engoués à leur partie postérieure.

Péricarde contenant 20 à 25 grammes de sérosité; cœur à l'état normal.

Péritoine ayant une coloration grise ardoisée à sa face externe, et une teinte rouge violacée à l'intérieur. Là se trouvent des adhérences filamenteuses très-nombreuses, surtout du côté gauche, et une couche mince de caillots sanguins. Le péritoine contient encore quelques litres de sérosité rougeâtre.

Foie petit, mou et pâle. Vésicule biliaire distendue par une forte proportion de bile jaunâtre. Il s'en répand une grande quantité au moment où le canal cholédocque est divisé

Veine-porte exactement remplie par un caillot volumineux, dense, grisâtre, fortement accolé aux parois, s'étendant du côté du foie jusque dans les principales branches, et du côté de l'abdomen dans les grosses veines, qui sont dilatées et dont les parois ont une teinte rougeâtre et plus d'épaisseur que dans l'état normal.

Intestins extrêmement injectés, en quelques endroits, d'un rouge noir, unis entre eux par des adhérences filamenteuses.

Rate volumineuse, engouée.

Les autres organes ne présentent rien à noter.

Si l'on compare actuellement les faits d'oblitération de la veine-

porte observés chez l'homme avec ceux que j'ai produits artificiellement sur les animaux, il est impossible de ne pas trouver entre eux la plus grande analogie.

En effet, chez tous, l'oblitération s'est accompagnée : 1° d'un développement des veines sous-cutanées abdominales ; 2° d'une diminution dans le volume du foie, plus considérable chez l'homme que chez les animaux, parce que l'oblitération était de date plus ancienne quand la veine-porte a été examinée ; 3° de persistance dans la sécrétion de la bile.

Or, cette diminution dans le volume du foie n'indique-t-elle pas d'une manière incontestable un trouble dans la nutrition, et dès lors ne suis-je pas autorisé à considérer la veine-porte comme le vaisseau qui fournit à cet organe les matériaux utiles à son développement. En second lieu, la persistance dans la formation de la bile ne prouve-t-elle pas aussi que cette sécrétion continuant malgré l'oblitération de la veine-porte, c'est dans le sang artériel qu'elle puise, comme toutes autres sécrétions, ses principaux éléments.

Quant à la présence du sucre dans le tissu du foie, aucun des faits que je viens de rapporter n'en fait mention ; cela ne surprendra personne ; d'abord, parce qu'à l'époque où la plupart ont été observés, la fonction glycogénique n'était pas encore connue ; et en second lieu, parce que toutes les recherches faites dans le but de constater la présence du sucre chez les malades dont l'histoire a été recueillie depuis la découverte de cette grande fonction, n'auraient fourni que des résultats négatifs. Ne sait-on pas, en effet, que l'état maladif, quand il se prolonge trop, fait disparaître la propriété qu'a le foie de produire de la matière sucrée indépendamment de l'alimentation.

Les oblitérations de la veine-porte observées chez l'homme viennent donc confirmer d'une manière évidente les conséquences auxquelles m'avaient conduit les expériences pratiquées sur les animaux. Cette confirmation des résultats obtenus à l'aide de la physiologie expérimentale par les faits cliniques recueillis chez l'homme malade, me paraît avoir une importance capitale.

En effet, les vivisections avec leurs conséquences, et les applications faites à l'homme ne sont pas jugées de la même manière par toutes les écoles. Voici comment s'exprime sur ce sujet l'il-

lustre professeur de physiologie de la Faculté de Montpellier. (*Preuves de l'insénescence du sens intime de l'homme, etc.*, p. 223, Lordat).

« Après tant de différences qui existent entre l'homme et les bêtes, quelles espérances voulez-vous fonder sur des expériences de vivisection, surtout quand il s'agit de faire la théorie des fonctions animales? Les rapports entre ces deux termes de comparaison, c'est-à-dire entre le dynamisme humain et le dynamisme bestial, peuvent-ils constituer une analogie suffisante? Ces termes sont tous deux de l'ordre métaphysique; mais, dans cet ordre, quelle distance !

» Voilà les motifs d'après lesquels nous avons peu de confiance dans les vivisections. — Il est possible qu'on nous dise : « Supposons que l'homme soit un animal sur lequel est entée une » puissance intellectuelle. Faites abstraction de cette greffe, qui » est sans doute une différence énorme; mais enfin, le sujet sur » lequel la greffe est plantée, est un animal comme les autres, et » reconnaissez-y une analogie. » — Mais, Messieurs, je vous ai assez dit combien l'élément vital de l'homme diffère des forces vitales des animaux, par leurs propres lois, par leur instinct, par leur sensibilité. Songez de plus que la force vitale humaine a été faite pour être coadjutrice du principe de l'intelligence. Pouvons-nous croire qu'un auxiliaire pareil soit une force vitale semblable à celles à qui l'instinct suffit?

» Au reste, si les animaux avaient assez d'analogie avec nous pour que leur physiologie fût semblable à la nôtre, si leur dynamisme ressemblait au dynamisme humain, qu'il y eût chez eux une sensibilité comme la nôtre, une intelligence de la nature de celle des enfants, ou de la nature de celle des sauvages, que des naturalistes prétendent avoir moins d'esprit que les singes et les éléphants, aurions-nous pu nous résoudre à les soumettre à nos scalpels? Si leur sensibilité était identique avec la nôtre, si la douleur causée par le couteau déterminait chez eux le tressaillement, la terreur, la crainte du danger, la perspective de la mort, aurions-nous jamais essayé une expérience sanglante? Nous aurions craint de devenir fratricides, et nous les aurions traités comme nous désirons qu'on traite les noirs. Nous avons donc peu d'attraits pour les vivisections. Si elles étaient autorisées par l'analogie,

elles seraient féroces et criminelles; si elles peuvent être justifiées par la différence des natures, elles sont sans but et ne méritent aucune confiance. »

Je suis loin de contester les différences essentielles qui séparent l'homme des animaux. Il ne me répugne nullement d'admettre le *règne humain* de quelques anthropologistes modernes. Mais ce qui le caractérise, c'est la vie intellectuelle et morale. La première n'est pas seulement chez l'homme un développement plus grand de la vie intellectuelle des animaux : elle s'en distingue d'une manière essentielle, par son activité, son but, par les résultats qu'elle réalise. La vie morale n'a pas d'analogue chez l'animal. L'existence du règne humain me paraît donc suffisamment motivée. Mais quant aux organes, envisagés soit isolément, soit dans leur ensemble, s'ils offrent chez l'homme un tout plus complet, plus harmonique, chez lui comme chez les animaux leurs fonctions sont les mêmes. Il serait facile de rappeler les théories physiologiques basées sur les vivisections qui ont été confirmées par les observations cliniques. Je me contente de faire remarquer que les faits précédents viennent à l'appui de cette opinion; et qu'enlever à la physiologie l'expérimentation sur les animaux, pour la condamner à ne s'appuyer que sur des idées purement théoriques, ce serait la priver d'un de ses plus puissants moyens d'investigation.

NOTE RÉDIGÉE A L'OCCASION

DU

CONGRÈS DE CHIMISTES

qui a siégé à Carlsruhe le 3 septembre 1860

PAR A. BAUDRIMONT

professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

Le grand développement pris par la chimie dans ces dernières années, et les divergences qui se sont manifestées dans les opinions théoriques, ont rendu opportun et utile un congrès ayant pour but la discussion de quelques questions importantes au point de vue des progrès de la science. Plusieurs savants en ont pris l'initiative, et il a été décidé que le Congrès se réunirait à Carlsruhe le 3 septembre 1860.

Une circulaire a été adressée aux principaux chimistes de France et de l'étranger; elle était conçue en ces termes : « Une telle as-» semblée (le Congrès) ne saurait prendre des délibérations ou des » résolutions obligatoires pour tous; mais, par une discussion » libre et approfondie, elle pourrait faire disparaître certains » malentendus et faciliter une entente commune sur quelques-» uns des points suivants :

» Définition de notions chimiques importantes, comme celles » qui sont exprimées par les mots : *atome, molécule, équivalents,* » *atomique, basique;*

» Examen de la question des équivalents et des formules chi-» miques;

» Etablissement d'une notation et d'une nomenclature uni-» formes. »

Empêché de me rendre à ce Congrès, dont j'appréciais d'ailleurs

la convenance et la haute utilité, j'ai rédigé la note suivante, qui contient les principales observations que j'aurais pu soumettre à sa haute approbation.

Les questions soumises au Congrès paraissent simples. Au premier abord, on serait porté à penser qu'il ne s'agit que de quelques principes à poser, de définitions à adopter, et d'arrêter le programme d'une nomenclature pour faire disparaître les dissidences qui existent entre les chimistes et amener l'uniformité dans la publication de leurs travaux.

La solution de ces questions n'est cependant point aussi simple; car, quand même on rejetterait tout ce qui est spéculatif, pour n'admettre que ce qui peut devenir immédiatement pratique, on serait bientôt conduit à reconnaître que les principales décisions à prendre dépendent, d'une manière plus ou moins immédiate, d'hypothèses plus ou moins fondées, et que le travail à faire devrait en outre se prêter aux exigences de la philosophie générale.

D'une autre part, il est des termes dont la valeur est nettement définie et que l'on ne pourrait davantage détourner de leur véritable signification sans entraver le progrès des sciences physico-chimiques. Tels sont les mots : *atome, molécule, particule, corpuscule.*

Ces observations sont à prendre en considération, parce que s'il n'était entendu d'avance que les résolutions du Congrès seront systématiques et facultatives, elles pourraient avoir de graves inconvénients pour l'avenir, et ces inconvénients seraient d'autant plus considérables qu'elles auraient reçu la sanction d'un grand nombre d'hommes éminents.

Le moindre de ces inconvénients serait que ceux qui se livrent à l'étude des sciences les acceptassent comme des articles de foi, et prissent pour des vérités incontestables ce qui ne serait que le résultat d'une simple convention.

Privé de la satisfaction d'assister au congrès de Carlsruhe et de partager les travaux des honorables membres qui en font partie, je les prie d'agréer mes observations comme un faible hommage et comme une adhésion à la pensée qui l'a fait naître.

En remontant à l'origine des questions à résoudre, la suivante occupe la première place :

Les atomes existent-ils ou n'existent-ils pas?

Ce que l'on a considéré comme étant des atomes matériels ne serait-il que le résultat des forces émanant de centres particuliers, comme l'ont admis Boscowich, M. Faraday et M. de Saint-Venant?

Si l'on admet l'existence des atomes, une nouvelle question vient se présenter :

Sont-ils tous de la même nature, ou bien en est-il de natures différentes?

Ou, sous une autre forme, les éléments chimiques sont-ils dus à des atomes d'une nature spéciale pour chacun d'eux, ou bien sont-ils dus à des arrangements ou à des groupements particuliers d'atomes?

Évidemment de telles questions ne peuvent être résolues maintenant, et ce n'est point en les mettant aux voix que l'on pourrait en avoir une solution satisfaisante. L'atome étant l'origine de tous les composés chimiques possibles, il en résulte, ainsi que je l'ai fait observer, que le point de départ pour la solution des questions soumises au Congrès est tout à fait hypothétique et qu'il conviendra d'en faire la remarque.

Si l'on admet l'existence des atomes, ce qui suit en sera la conséquence immédiate.

L'*atome* est défini par sa valeur philologique. C'est un être insécable, indivisible, et l'on ne pourrait, sans porter atteinte aux lois du langage et aux saines traditions historiques, changer la signification qu'il a reçue de Leucippe, qui en a conçu l'idée.

C'est l'être matériel, primitif, à l'aide duquel tous les autres êtres matériels sont formés.

C'est aussi un être abstrait ou métaphysique échappant à l'observation directe.

La *molécule* est un assemblage d'atomes, *défini* au point de vue du *nombre* et de l'*arrangement;* on pourrait ajouter : et de la *nature* de ces derniers, si l'on pouvait admettre qu'il existe des atomes de diverses natures.

Quelle que soit l'opinion que l'on adopte, on est conduit à reconnaître que les molécules, qui sont des groupes d'atomes, sont elles-mêmes formées de sous-groupes pénétrés les uns dans les

autres, d'après les raisons et selon les lois que j'ai exposées dans mon *Traité de Chimie* (t. I, p. 21, 47, 284, et t. II, p. 443, 445).

L'étude de la constitution des corps et les besoins de l'enseignement m'ont obligé à donner des noms à ces éléments moléculaires.

Je nomme *mérons* ceux qui résultent de la division immédiate des molécules; *mérules* ceux qui forment les mérons, et *méricules* ceux qui constituent les mérules.

Jusqu'à ce jour je n'ai point reconnu la nécessité d'étendre au delà de cet ordre d'éléments les parties constituantes des molécules.

La *particule* est un groupement défini de molécules qui commence à être accessible à l'observation directe. Sa forme est donnée par le clivage des corps solides et cristallisés. Chez les corps amorphes elle est sphéroïdale : soufre sublimé, silex, agathe et les produits entrant dans la constitution des êtres biotiques, tels que la fécule, la cellulose, l'histose, etc.

Ampère a, de plus, dit que la particule des liquides était liquide, et que celle des fluides élastiques était gazeuse. (V. *Bibliothèque de Genève*, 1832, t. XLIX, p. 325, et *Annales de Chimie et de Physique,* t. LVIII, p. 432.)

J'ai, en outre, constamment employé le nom de *corpuscule* comme collectif pour représenter les *petits corps.*

Tous ces termes se trouvent ainsi nettement définis et parfaitement en harmonie avec les radicaux dont ils dérivent :

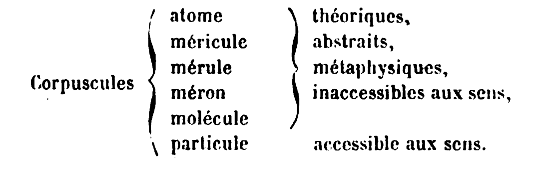
L'*atome* est l'élément ultime, *insécable ;* la *molécule* est la *plus petite masse de matière* formée par des assemblages d'atomes.

Les *mérons, mérules* et *méricules* sont les parties constituantes des molécules.

La *particule* est *la plus petite partie* de matière saisissable.

Le *corpuscule* est l'un quelconque de ces *petits corps.*

Ces divers éléments de la formation des corps peuvent être classés ainsi qu'il suit :



L'équivalent chimique a été jusqu'à ce jour défini de deux manières principales :

1° Il est représenté par la plus petite quantité d'un élément chimique, qui s'unit à 100 parties d'oxygène;

2° Il est représenté par les quantités de matières différentes qui remplissent les mêmes fonctions chimiques *ou qui se valent les unes les autres,* en tenant compte de l'ordre des combinaisons.

Quelle que soit la définition que l'on admette, les équivalents dérivent immédiatement des proportions chimiques, et leur unique fonction doit être de les représenter.

Comme toutes les grandeurs, ils doivent être rapportés à un terme de comparaison dont le choix seul est arbitraire; mais les rapports pondéraux qui existent entre eux sont invariables. Déduits de l'observation directe, ils n'ont rien d'hypothétique, et quoiqu'ils dérivent immédiatement de l'existence des atomes et des molécules, ils ne peuvent être confondus avec ces corpuscules, qui sont des états spéciaux, définis, et dont les noms ont une tout autre signification, ainsi que cela vient d'être exposé.

L'isomérie des éléments chimiques et des corps composés peut servir pour démontrer qu'un même corps peut avoir plusieurs poids moléculaires; mais en réalité il ne peut avoir qu'un seul équivalent : celui qui suffit pour le représenter numériquement sous tous les états qu'il peut affecter et dans toutes les combinaisons où il peut entrer.

Cependant, lorsqu'un élément remplit des fonctions chimiques tellement distinctes les unes des autres qu'il peut être considéré comme appartenant à des séries différentes, il serait possible d'adopter pour ce corps deux ou un plus grand nombre d'équivalents. Par exemple :

L'alumium, dans les aluminates (spinelle, gahnite, etc.), étant $Al O_3$, pourrait n'être que $^1/_3 Al$ dans les sels où il joue un rôle basique.

Le fer, dans ses deux états auxquels Laurent a appliqué les noms de *ferrosum* et de *ferricum*, peut être Fe et $^2/_3 Fe$.

Enfin, si l'on trouvait qu'un corps polymorphe conserve des prédispositions spéciales jusque dans les composés dans lesquels il entre, il faudrait bien trouver le moyen de les signaler.

Pour des cas de cette nature, le signe de l'élément devrait être

modifié de manière à indiquer, soit des différences de poids, soit des différences entraînant des modifications dans les propriétés physiques, soit enfin des différences dans les fonctions chimiques.

Des caractères romains ou italiques, des caractères invariables avec des indices *significatifs,* pourraient être employés pour cela. Les indices insignifiants, tels que α, β, γ, employés par Berzélius, devraient être repoussés comme n'indiquant qu'une différence qui ne donne rien de saisissable à la mémoire.

L'équivalent chimique d'un corps doit donc être la quantité pondérale de matière rapportée à un terme de comparaison déterminé, qui peut le représenter sous tous les états et dans toutes les combinaisons dont il peut faire partie, en tenant compte des restrictions précédentes. C'est en adoptant cette manière de voir que l'on aura un système d'équivalents simple et acceptable par tous les chimistes, quelle que soit d'ailleurs leur opinion sur la constitution des corps.

Depuis environ quinze ans j'ai introduit dans mon enseignement le système d'équivalents ayant l'hydrogène pour terme de comparaison et pour unité.

Je désire bien sincèrement que ce système, depuis longtemps en usage chez les Anglais, soit adopté d'une manière universelle.

Pour ce qui concerne la valeur particulière à donner à chaque équivalent, cela importe peu, pourvu que le système, une fois arrêté, soit généralement adopté.

Je me bornerai à dire quelques mots sur le système de nomenclature qui pourra être adopté par le Congrès.

Une nomenclature parfaite suppose la connaissance réelle et exacte de la constitution des corps et leur classification.

La première partie ne peut être réalisée, et la seconde, quel que soit l'état de la première, peut toujours l'être de plusieurs manières différentes, et chacune de ces manières conduit infailliblement à une nomenclature particulière.

Ces difficultés n'exigent point que l'on renonce au projet d'arrêter les principes d'une nomenclature, ni même que l'on doive désespérer d'obtenir d'heureux résultats.

En effet, si l'on ne peut aujourd'hui déterminer avec certitude la constitution des corps définis, on peut assez facilement recon-

naître les analogies et les différences qu'ils présentent lorsqu'on les compare les uns aux autres.

Les analogies permettent de les rapprocher et de reconnaître qu'ils ont une constitution *semblable*. C'est ainsi que l'on a créé des classes nombreuses de corps, tels que des éthers, des alcools, des aldéhydes, des acétones, etc.

L'analogie des fonctions chimiques est, sans aucun doute, la base la plus solide sur laquelle on puisse édifier une classification devant servir de point de départ pour une nomenclature.

Les idées que l'on peut avoir sur la constitution des corps, quelque bien fondées qu'elles paraissent, peuvent n'être point exactes, et de nouvelles découvertes pourraient conduire à renverser tout un système qui aurait été édifié sur des fondations aussi peu solides.

Je ne parle point de la composition chimique ou de la simple considération de la nature des éléments : cette idée, qui a dû présider à la création de la nomenclature Guytonienne, qui ne s'appliquait qu'à des produits minéraux, ne peut convenir aux produits organiques, qui sont formés par un nombre d'éléments très-restreints : elle peut tout au plus intervenir pour désigner des variétés.

Il faut ajouter ici que les minéralogistes ont dû renoncer à la nomenclature Guytonienne, soit parce qu'elle donnait naissance à des noms trop compliqués, soit parce qu'elle ne pouvait se prêter à la distinction des composés renfermant une foule d'éléments isodynamiques variables.

Faudra-t-il, comme Beudant l'a fait, donner un nom particulier à chaque substance? Cela paraît difficile, vu l'innombrable quantité des corps organiques connus ou à connaître; cependant, une simple terminaison, jointe à un radical linguistique, a souvent suffi pour désigner un corps d'une manière complète et indiquer la classe à laquelle il appartient; telle est la terminaison *ine*, qui a longtemps suffi pour les alcaloïdes; telles sont aussi les terminaisons *ol, one, yle, ène,* etc., qui assignent chacune une valeur nettement déterminée aux composés qu'elles sont appelées à caractériser.

Les principes de la nomenclature Linnéenne pourraient être facilement appliqués aux produits chimiques, quelle qu'en fût l'origine.

Jusqu'à ce jour elle s'est prêtée aux conditions les plus difficiles à remplir, et elle a pu servir pour désigner un nombre immense d'espèces végétales et animales.

Elle se retrouve même dans la nomenclature chimique de Guyton ; car cette nomenclature exige que les espèces soient groupées en genres, et elle donne deux noms à chacune d'elles : un pour le genre et un pour l'espèce.

C'est ainsi que l'on a déjà créé divers noms, tels que ceux d'alcool méthylique, d'alcool éthylique, d'éther propylique, etc.

C'est aussi par la force des choses et par une économie bien entendue du langage, que les chimistes ont renoncé en partie à la nomenclature Guytonienne et ont été amenés à dire : alun potassique, alun ammonique, alun chromopotassique; émétique antimonique, émétique arsénique, etc.

Cette nomenclature a des avantages considérables; cependant elle conduirait, dans un grand nombre de cas, à l'emploi de noms trop étendus; car les composés de la chimie organique donnent souvent lieu à des variétés qui sont déterminées par la substitution d'un corps à un autre : les composés sulfurés, chlorés, brômés, iodés, etc., nous en offrent de nombreux exemples.

Il serait donc désirable que l'on pût trouver assez de terminaisons pour distinguer tous les genres; que le genre et l'espèce pussent aussi être confondus en un seul nom, et que la variété le fût ensuite par les moyens ordinaires et connus, comme *mono, bi, tri*... chlorés, brômés, etc.

La nomenclature chimique aurait fait un véritable progrès et serait même en avance sur celle de Linnée, qui n'a point utilisé les terminaisons ou les finales des mots, comme ses successeurs l'ont fait pour distinguer les classes, les ordres et les tribus végétales.

On aurait ainsi des noms simples qui seraient adoptés par l'industrie et le commerce, et qui ne conduiraient pas à avoir des noms différents pour ces diverses conditions. Les noms de l'alcool, de l'éther, de la morphine et de l'aniline sont devenus populaires, et il n'en eût point été de même s'ils eussent été doubles, plus longs, ou difficiles à prononcer.

Il est encore très-désirable que l'on adopte une nomenclature qui s'applique à des groupes entiers et qui permette de généraliser

les actions chimiques. C'est ainsi que depuis longtemps je dis non-seulement un *chloroïde* pour désigner un corps quelconque de la série des *chloroïdes,* mais aussi un *chloroïdure,* un *chloroïdate.*

J'ai en outre adopté des symboles tirés de l'alphabet grec pour désigner les groupes par un seul signe et pour formuler les composés dans lesquels ils entrent.

Ces signes sont principalement :

Xλ Chloroïde,

Ω Oxoïde,

Φ Azotoïde,

Δ Un métal,

qui donnent : XλH, $X\lambda O_6\Delta$, $X\lambda O_8\Delta$, etc., trop faciles à comprendre pour qu'il soit utile d'en donner l'explication.

C'est par l'emploi de ces signes que la chimie devient réellement générale et qu'il est facile de l'enseigner sans se perdre dans les détails.

Il faudrait, autant que possible, établir une harmonie parfaite entre la nomenclature et la notation. Il importerait, pour la chimie minérale, d'écrire les signes dans l'ordre de la prononciation, par exemple ne point écrire KO quand on dit *oxyde potassique;* mais bien OK.

Il serait convenable de supprimer la différence de terminaison qui existe entre les composés oxygénés basiques ou indifférents, et tous les composés du même ordre formés par les autres métalloïdes. Par exemple, à l'oxYDE de sodium correspondent le sulfURE et le chlorURE du même métal. Depuis longtemps j'ai manifesté le désir de changer le nom de l'oxygène, qui est défectueux, en celui de *Lavésium,* et de consacrer ainsi l'élément, principe de la vie, au novateur de la chimie. Le Congrès seul peut avoir assez d'autorité pour opérer ce changement.

Il faudrait aussi établir une harmonie parfaite de nomenclature entre les composés semblables appartenant à une même série. Il ne faudrait avoir ni AsO_3 l'acide arsénieux, et SbO_3 l'oxyde d'antimoine; ni AO_4 l'acide hypo-azotique, et SbO_4 l'acide antimonieux, etc. La généralisation des symboles l'exige impérieusement. Sans cela on ne pourrait se faire comprendre en écrivant ou prononçant acide azotoïdeux ΦO_3, ni acide chloroïdique $X\lambda O_5$. Le même inconvénient existe pour l'acide cyanique CyO et l'acide

hypochloreux ClO. Il est évident que tous les faits de cet ordre demandent une prompte réforme, et qu'il serait bien désirable de la voir adopter par tous les chimistes.

Des signes généraux pourraient aussi être employés pour la chimie organique. On arriverait à l'adoption de signes plus ou moins analogues aux suivants, qui seraient d'une véritable utilité :

$$\overset{\text{ène}}{R},\ \overset{\text{yle}}{R},\ \overset{\text{one}}{R}.$$

Ces signes n'ont pas besoin d'être expliqués; il n'est pas de chimiste qui n'en puisse comprendre immédiatement la valeur. Ils donneraient ensuite, pour désigner les espèces :

$$\overset{\text{ène}}{2},\ \overset{\text{ène}}{4},\ \overset{\text{ène}}{6}\ldots\ldots\ldots\ \overset{\text{ène}}{N}$$
$$\overset{\text{yle}}{2},\ \overset{\text{yle}}{4},\ \overset{\text{yle}}{6}\ldots\ldots\ldots\ \overset{\text{yle}}{N}$$
$$\overset{\text{ole}}{2},\ \overset{\text{ole}}{4},\ \overset{\text{ole}}{6}\ldots\ldots\ldots\ \overset{\text{ole}}{N}$$
$$\overset{\text{one}}{2},\ \overset{\text{one}}{4},\ \overset{\text{one}}{6}\ldots\ldots\ldots\ \overset{\text{one}}{N}$$

2, 4, 6..... N, indiqueraient le degré d'association ou d'aggrégation du radical, à moins que l'on ne préfère substituer des lettres significatives à ces chiffres. Ce dernier système, que j'ai déjà employé depuis longtemps, serait préférable au précédent comme étant plus général.

Je terminerai par un vœu que je désire voir prendre en considération par le Congrès :

La discussion de l'analyse d'une eau potable ou minérale, ou d'un mélange de sels, exige que l'on assimile les sels oxygénés aux sels haloïdes, pour éviter une perte de temps à faire des calculs inutiles.

Cette assimilation peut être faite en ajoutant l'oxygène de l'oxyde à celui de l'acide anhydre, par exemple $SO_3\Delta O$ devient $SO_4\Delta$.

Sans cette assimilation, les métaux doivent être considérés tantôt comme s'ils étaient libres et tantôt à l'état d'oxyde.

Lorsque l'on veut rendre compte de ces calculs, on éprouve une difficulté qui vient de ce que les acides, plus un équivalent d'oxy-

gène attribué à l'oxyde du sel, n'ont point reçu de noms, ou au moins ces noms, déjà usités en Angleterre, ne se sont point propagés d'une manière suffisante. Il importerait de les indiquer et de les fixer d'une manière définitive.

Les composés hypothétiques SO_4 des sulfates, AO_6 des azotates, ClO_8 des perchlorates, pourraient être nommés *sulfagène, azotagène, perchloragène*. Ces noms seraient facilement compris de tout le monde; mais ils ont l'inconvénient d'être trop longs et d'avoir une désinence qui appartient en général à des éléments chimiques ou à des corps composés qui en remplissent les fonctions.

Il conviendrait donc de simplifier ces noms. La terminaison *gène* pourrait être remplacée par la lettre *n* seule, qui en est la véritable caractéristique, comme cela est rendu évident par l'examen des mots *Nascere,* latin, et *Naître,* français, comparés au mot γείΝομαι des Grecs. Il suffirait de la substituer au *t* dans les noms génériques des sels, et l'on aurait ainsi :

Azotane,
Azotine,
Sulfane,
Sulfine, etc.

Pour plusieurs genres de sels on pourrait contracter les mots pour les simplifier encore, et l'on aurait ainsi :

Carbane,
Oxane,

Qui n'ont pas besoin d'être interprétés pour être compris.

RÉSUMÉ.

Les mots : *atome, molécule, particule* et *corpuscule,* sont nettement définis aujourd'hui, et l'on ne pourrait sans inconvénient en changer la signification.

Les équivalents chimiques ne doivent en aucun cas être confondus avec les éléments matériels indiqués dans l'un des paragraphes précédents.

Ils ont pour but principal de représenter les proportions chimiques des combinaisons. Ils ne peuvent en indiquer la constitution

physique que par l'emploi de facteurs, de diviseurs, ou par divers arrangements.

Un seul élément peut exister sous plusieurs états moléculaires, et il ne doit cependant avoir qu'un seul équivalent, à moins qu'avec des équivalents différents il ne remplisse des fonctions chimiques essentiellement différentes.

Une nomenclature scientifique dépend toujours d'une classification préalable.

Une classification des produits à composition définie, dans l'état actuel de nos connaissances, ne peut être fondée sur leur constitution, mais sur les analogies qu'ils présentent.

La nomenclature Linnéenne, qui suppose les corps distingués en espèces et réunis en genres, exigerait l'emploi de deux noms pour un seul corps, et il en faudrait au moins trois pour distinguer une variété.

En utilisant les désinences des mots, on peut simplifier la nomenclature; et sans la rendre moins précise que celle de Linnée, il serait facile de désigner clairement le genre et l'espèce par un seul terme.

La variété, dans ce cas, exige deux mots au moins pour être nettement indiquée.

Il importe d'adopter des symboles pour désigner les séries, soit minérales, soit organiques, afin de rendre l'exposition des faits aussi générale que possible.

Il conviendrait enfin de donner des noms aux composés oxigénés qui jouent un rôle analogue à celui des chloroïdes dans les combinaisons chimiques.

ESSAI

SUR

LES PROPULSEURS

A MOUVEMENT ALTERNATIF

PAR M. GLOTIN.

Une vérité généralement reçue en mécanique, c'est que le mouvement continu est celui qui nécessite la moindre dépense de travail.

Toutefois, dans la pratique, ce mouvement ne peut toujours s'appliquer, et nombre d'opérations mécaniques exigent, par leur nature, l'emploi du mouvement alternatif.

Dans d'autres cas, ce mouvement est moins impérieusement commandé; mais les circonstances qui accompagnent l'action à produire sont telles, que malgré la quantité notable de travail absorbée, par suite de l'inertie, à chaque changement de sens du mouvement, il y a pourtant avantage à employer le mouvement alternatif.

Je me propose d'examiner si la propulsion des navires n'offre pas de circonstances de ce genre.

J'ai été conduit aux considérations qui vont suivre, par la recherche des moyens d'augmenter la rapidité des évolutions du navire, et de les rendre faciles dans toutes les circonstances. L'appareil que je crois le plus propre à remplir cet objet et que je désigne par le nom de *godille-évolueur,* m'a paru d'abord, comme à la plupart de ceux auxquels j'ai communiqué mes idées, avoir un grave défaut : celui de nécessiter l'emploi du mouvement alternatif. Il était à craindre que, tout en communiquant au navire des qualités jus-

qu'ici inconnues, sous le rapport de l'évolution, ce ne fût qu'un médiocre propulseur. Ceci était capital au point de vue de la dépense de travail, puisque c'est surtout comme propulseur que doit agir l'appareil, l'évolution n'étant, malgré son importance, qu'un fait exceptionnel et de peu de durée. Un examen plus attentif et plus approfondi des phénomènes qui accompagnent la propulsion m'a rassuré à cet égard.

J'ai trouvé du reste un motif de confiance plus sérieux que ceux que je pouvais tirer de mon propre jugement, en apprenant au dernier moment, alors que j'avais déjà demandé le brevet destiné surtout à constater mes droits à la priorité sur cette question, qu'un autre officier de marine, qui ne pouvait pas plus connaître mes travaux que je ne connaissais les siens, présentait en même temps que moi une solution presqu'identique du même problème. J'ai dû en conclure que cette question a bien l'importance pratique que je lui avais attribuée, et qu'elle ne saurait manquer de préoccuper avant peu l'attention des mécaniciens; en second lieu, que les moyens que j'ai proposés sont, non pas les meilleurs peut-être, mais certainement les plus naturels.

Je serais heureux de pouvoir exposer ici ces moyens. Mais cette question d'application toute spéciale étant peu en rapport avec la direction habituelle des travaux de la Société des Sciences physiques et naturelles, je me suis contenté d'extraire de mon travail les considérations théoriques qui m'ont paru offrir le plus d'intérêt.

Lorsqu'une surface plane et résistante, se mouvant dans l'espace suivant une direction qui lui est oblique, vient à rencontrer un corps quelconque, celui-ci reçoit une impulsion dont la direction est toujours normale à la surface plane, abstraction faite du frottement, bien entendu.

Si maintenant cette surface se mouvait dans un fluide, elle rencontrerait à chaque instant un grand nombre de molécules de ce fluide. Ces molécules, si elles étaient isolées et qu'il ne se développât point de frottement, seraient mises en mouvement suivant la normale à la surface. Mais, par suite des réactions des molécules les unes sur les autres et aussi du frottement, la direction du mouvement qui leur est communiqué peut être assez différente de la normale pour quelques-unes d'entr'elles, et l'ensemble du phéno-

mène présentera une complication qui le dérobe à toute observation précise. On conçoit cependant que le fait primitif de l'impulsion suivant la normale doive se retrouver, jusqu'à un certain point, dans le résultat du passage de la surface oblique, et ce résultat doit consister en somme dans le déplacement, suivant une direction peu différente de la normale, de la partie de la masse fluide sur laquelle s'exerce l'impulsion de cette surface. Il est d'ailleurs évident que le fluide tendant à revenir de lui-même à l'état qui a été momentanément troublé, il doit se produire immédiatement un déplacement en sens inverse d'une autre portion de la masse fluide venant remplacer celle mise en mouvement; conclusion à laquelle on arrive encore, en considérant que l'effet du déplacement d'une partie de la masse fluide est d'augmenter la pression en avant d'elle et de la diminuer en arrière, et qu'il doit dès lors se produire, pour rétablir l'égalité de pression, des courants allant des parties plus pressées aux parties moins pressées, c'est-à-dire en sens inverse de la masse accidentellement déplacée. L'expérience montre, en effet, qu'il se produit toujours, dans tout déplacement de fluide, des tourbillons, résultat nécessaire de deux ou plusieurs courants en sens opposés; le nombre, l'étendue et la position de ces tourbillons pouvant d'ailleurs varier à l'infini, suivant les circonstances du phénomène.

Appliquons ces considérations au cas particulier d'un plan mince, vertical, en partie plongé dans l'eau et se mouvant suivant une direction horizontale qui lui est oblique. Il doit se produire, d'après ce qui précède, sur le passage de ce plan mince, une suite de courants parallèles entre eux, dirigés à peu près suivant la normale au plan. Quant aux contre-courants, ils ne peuvent se produire en avant du plan mince, puisque c'est vers cette partie que le fluide est soumis à son impulsion; ils ne peuvent se produire en arrière, parce que les courants principaux qui viennent de se former dans cette partie ne peuvent s'éteindre immédiatement; ils s'établissent donc en dessous. Ainsi, le plan mince détermine sur son passage une sorte de volute ou tourbillon cylindrique, et chacune des molécules engagées dans ce tourbillon se meut dans un plan vertical orienté suivant la normale au plan, les courants supérieurs allant dans le sens de l'impulsion communiquée.

On peut facilement constater cet effet, et j'ai exécuté l'expé-

rience à plusieurs reprises, en répandant sur la surface d'un bassin suffisamment profond et étendu une poussière destinée à rendre sensibles les mouvements qui s'y produisent, et de petits corps d'une densité peu différente de celle de l'eau, et qui indiquent par leurs mouvements les courants qui se forment à une certaine profondeur.

Si l'on suppose le plan mince entièrement plongé, et à une distance suffisante au-dessous du niveau du liquide, on doit penser que le contre-courant s'établira au-dessus comme au-dessous, et qu'il y aura deux tourbillons en sens inverses. Dans les deux cas, un même fait subsiste : l'existence sur le chemin que vient de parcourir le plan mince de courants sensiblement dirigés suivant la normale à ce plan, et dont l'intensité décroît d'ailleurs rapidement après le passage.

Supposons maintenant qu'à la suite, et à peu de distance du premier plan mince, il en vienne un second parallèle au premier et suivant la même route avec une vitesse peu différente. L'eau sur laquelle viendra agir le second plan sera déjà animée, ainsi que nous venons de le voir, d'une certaine vitesse dans le sens même suivant lequel il tendrait à la faire mouvoir ; la résistance qu'il éprouvera sera donc beaucoup moindre. Elle ne sera, en effet, que dans le rapport du carré de sa vitesse effective de rencontre avec l'eau. Or, par suite du mouvement préalable de l'eau, cette vitesse effective n'est plus, comme pour le premier plan, la composante suivant la normale de la vitesse dont il est réellement animé, mais seulement la différence entre cette composante et la vitesse conservée par l'eau depuis le passage du premier plan. Si, par exemple, l'eau avait conservé la moitié de la vitesse communiquée par le premier plan, la vitesse effective de rencontre ne serait que la moitié de ce qu'elle eût été si le second plan eût agi sur de l'eau préalablement immobile, et la résistance éprouvée ne serait plus que le quart de ce qu'elle eût été dans cette même supposition.

Si, au lieu de suivre le premier plan dans une position parallèle, le second plan parcourt la même route en sens inverse et dans une position symétrique, il peut se présenter trois cas :

1° Les deux plans font avec la route qu'ils suivent un angle de 45°. Dans ce cas, les courants déterminés par le passage du premier plan seront parallèles à la position du second. La composante

de la vitesse de ces courants, suivant la normale au second plan, sera donc nulle, et n'influera, par suite, en rien sur la vitesse effective de rencontre de ce second plan avec le fluide; en sorte qu'il éprouvera tout à fait la même résistance que s'il agissait sur de l'eau préalablement immobile.

2° Les deux plans, parcourant toujours la même route en sens inverses, font avec la direction qu'ils suivent des angles égaux et plus petits que 45°. Dans ce cas, la direction des courants déterminés par le passage du premier plan, fera avec le second plan un angle d'autant plus grand que les plans seront plus inclinés, chacun de son côté, sur la direction qu'ils suivent, et il est facile de voir que, par suite du sens des courants, l'eau tend à s'écarter du second plan. Il y aura donc ici une composante, suivant la normale à ce plan, de la vitesse conservée par les courants, à porter en déduction pour avoir sa vitesse effective de rencontre avec l'eau; par suite, la résistance qu'il éprouvera sera moindre que s'il eût rencontré de l'eau immobile. Toutefois, dans ce cas, la résistance sera moins diminuée, toutes choses égales d'ailleurs, que lorsque les deux plans se suivent parallèlement; parce que la direction des courants ne sera jamais, comme dans ce dernier cas, normale au second plan.

3° Dans les mêmes conditions que précédemment, sauf que les angles des deux plans avec les sens de leurs vitesses respectives sont plus grands que 45°, le sens des courants déterminés par le premier plan tendra au contraire à rapprocher l'eau du second plan; de sorte que la composante suivant la normale de la vitesse conservée par ces courants sera, non plus à déduire, mais bien à ajouter à la composante suivant la même normale de la vitesse du plan lui-même, pour avoir la vitesse effective de rencontre de ce plan avec l'eau. Ainsi, dans ce cas, le second plan éprouvera plus de résistance que s'il eût agi sur de l'eau préalablement immobile.

Il faut maintenant rechercher ce qui se passe dans la propulsion d'un navire. Celui-ci éprouve de la part de l'eau une résistance qui est à peu près dans le rapport du carré de sa vitesse. Pour que cette vitesse se maintienne, il faut que le moyen d'impulsion, quel qu'il soit, fournisse à chaque instant une force précisément égale et opposée à cette résistance. Pour les propulseurs, cette force est fournie par la résistance que l'eau oppose à leur mouvement. Dans le cas des propulseurs basés sur le mouvement dans

un plan transversal d'une ou de plusieurs surfaces obliques, cette résistance peut se décomposer en deux forces : l'une, suivant la longueur du navire, qui détermine la marche et que l'on nomme *poussée;* l'autre, située dans un plan transversal, qui n'a aucune influence sur la marche, mais pourrait faire évoluer le navire, à moins que, comme l'hélice, le propulseur ne se compose de plusieurs surfaces, pour chacune desquelles cette composante dans le plan transversal est égale et de sens contraire à celle qui correspond à une autre surface. Cette ou ces résistances transversales constituent l'obstacle que doit vaincre la machine, et leur somme, ou plus exactement la somme de leurs moments, est dans un rapport constant avec la poussée, tant que la disposition du propulseur ne change pas. La résistance éprouvée par le propulseur dépend de la vitesse avec laquelle il rencontre l'eau, et cette vitesse de rencontre se trouve effectivement diminuée, comme on l'a vu plus haut, toutes les fois que l'eau sur laquelle agit le propulseur possède déjà une certaine vitesse dans la direction suivant laquelle il tend à la mettre en mouvement. Pour retrouver la même vitesse effective de rencontre, et par suite la même résistance, il faudra augmenter la vitesse du propulseur. Mais, pour une même résistance, le travail de la machine est en raison de cette vitesse. On voit donc que pour obtenir une même poussée, nécessaire pour maintenir la marche du navire, il faudra dépenser moins ou plus de travail, suivant que l'eau sur laquelle agit le propulseur aura moins ou plus de vitesse préalable dans le sens suivant lequel il tend à la mettre en mouvement.

On peut dès à présent comparer, quant à la propulsion, le mouvement continu et le mouvement alternatif. Je considérerai le premier comme représenté principalement par l'hélice, car les roues à aubes, dont l'effet est d'ailleurs excellent, ne sont cependant pas applicables dans bien des cas.

Je suppose d'abord le navire qui porte l'hélice retenu par une cause quelconque, en sorte que l'hélice tourne dans le même lieu. Chaque aile viendra passer à l'endroit même où a passé celle qui la précède, et agira sur de l'eau déjà mise en mouvement par cette aile dans le sens où elle-même tendrait à la pousser. Sans doute, ceci n'est pas absolu; car on comprend que le mouvement d'une aile d'hélice autour de son axe ne soit pas tout à fait analogue au

mouvement rectiligne que nous avons considéré jusqu'ici. Les ailes de l'hélice ne sont pas planes, mais gauches; et à cause de la force centrifuge, chaque élément d'une aile agit sur de l'eau mise en mouvement par un élément de l'aile précédente plus rapproché de l'axe et ayant une inclinaison un peu différente. On pourrait peut-être indiquer encore quelques autres causes de modification du mouvement de l'eau. Cependant il est évident que l'action de ces causes est limitée et que la direction du mouvement préalable de l'eau ne fera jamais un angle bien grand avec celle que l'élément de l'hélice tend actuellement à lui communiquer, en sorte que la vitesse de rencontre de cet élément avec l'eau en sera toujours très-notablement diminuée, ainsi que la résistance qu'il éprouvera. On conçoit du reste, *à priori,* que l'hélice agissant d'une manière uniforme ne fera plus, après les premiers tours, qu'entretenir le mouvement qu'elle aura communiqué à l'eau et que les forces passives seules tendraient à amortir.

Si maintenant le navire se met en marche, les différents éléments des ailes de l'hélice, alors que la vitesse du navire sera encore peu considérable, agiront, partie sur de l'eau qui n'a aucun mouvement préalable, partie sur de l'eau déjà mise en mouvement à peu près dans le sens où ils tendent à la pousser, jusqu'à ce qu'enfin la vitesse du navire devenant considérable, chaque aile agisse presqu'entièrement sur de l'eau nouvelle, et que l'hélice atteigne son maximum d'efficacité.

Mais il n'en sera jamais ainsi pour les hélices de petit diamètre, parce que leur vitesse de rotation étant nécessairement très-grande à cause de la petitesse de leur pas, chaque aile, même pour une vitesse assez grande du navire, passera très-peu en avant de l'endroit où a passé l'aile précédente, et cela fort peu de temps après elle, alors que les mouvements déterminés dans l'eau par celle-ci sont encore dans toute leur vivacité. Ces hélices doivent donc être d'un mauvais emploi et ne trouver que difficilement sur l'eau un point d'appui suffisant. C'est ce que l'expérience confirme, le recul [1]

[1] Le recul est la différence entre le pas de l'hélice et le chemin parcouru par le navire pendant un tour d'hélice. C'est en général la différence entre le chemin qu'eût parcouru le navire si l'eau n'eût pas cédé sous la pression du propulseur et celui réellement parcouru. Nous verrons plus loin que le travail perdu est en proportion du recul.

en étant toujours très-considérable. L'expérience montre également qu'alors que par une cause quelconque la marche du navire est ralentie, l'efficacité des grandes hélices elles-mêmes diminue considérablement, car dans ce cas leur vitesse angulaire reste presque la même. Le rapport de cette vitesse à la marche du navire augmente par suite beaucoup, c'est-à-dire qu'il y a une grande quantité de travail perdue.

Quelques auteurs attribuent ces effets à des causes différentes de celle que je viens de donner, à savoir : la force centrifuge, et aussi le tourbillonnement qui se produit dans l'eau dans le sens même du mouvement du propulseur, alors surtout que celui-ci agit quelque temps presque à la même place. A les bien considérer, ces différents effets sont analogues et proviennent en principe des mêmes causes.

Ces différents inconvénients n'existent plus, ou sont au moins fort diminués avec les propulseurs à mouvement alternatif. Si le mouvement de ces propulseurs est rectiligne alternatif, tous les effets centrifuges disparaissent et on se trouve exactement dans l'hypothèse que nous avons considérée : d'un plan revenant en sens inverse de la route rectiligne suivie par un premier plan, les inclinaisons de ces deux plans étant symétriques. Si ces propulseurs ont, au contraire, un mouvement circulaire alternatif, il sera non-seulement possible, mais même nécessaire, pour leur bon emploi, de leur donner des rayons assez grands, ce qui diminuera beaucoup les effets centrifuges.

Pour apprécier l'efficacité de ces propulseurs, il suffira de se reporter au paragraphe relatif à l'hypothèse que nous venons de rappeler il y a un instant. Leur mode d'action, en effet, ne peut être que le suivant : Pendant que la surface agissante du propulseur marche dans un sens, de droite à gauche du navire par exemple, cette surface a une inclinaison telle sur le plan transversal, que la résistance normale qu'elle éprouve de la part de l'eau a sa composante longitudinale dirigée vers l'avant du navire. Lorsque le sens du mouvement change, la position de la surface agissante change aussi et devient symétrique, par rapport à la longueur du navire, de celle qu'elle occupait précédemment. La composante longitudinale de la résistance est ainsi toujours dirigée vers l'avant du navire, qui est dès lors poussé en avant pour les

deux sens du mouvement du propulseur; pendant que les deux composantes transversales de la résistance, qui répondent à ces deux sens du mouvement, étant égales et de sens contraires, se compensent dans leurs effets.

Si les deux positions de la surface agissante font entr'elles un angle de 90°, le propulseur agira toujours, quelle que soit la vitesse du navire, comme sur de l'eau entièrement nouvelle, et les mouvements préalables de l'eau n'occasionneront aucune perte de travail.

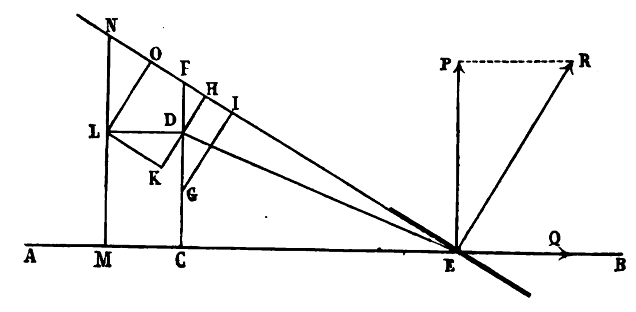
Si cet angle est plus grand que 90°, il y aura perte de travail par cette cause, mais bien moindre que pour l'hélice; parce qu'ainsi qu'on l'a vu, la direction de la vitesse préalable de l'eau sera beaucoup plus éloignée de la normale à la surface agissante que pour celle-ci.

Enfin, si cet angle est plus petit que 90°, il y aura, au contraire, augmentation de la résistance éprouvée par le propulseur, et par suite diminution du travail nécessaire pour une même marche du navire.

Ainsi, les conditions dans lesquelles les propulseurs à mouvement alternatif agissent sur l'eau, sont bien supérieures à celles dans lesquelles agit l'hélice, toutes les fois que l'influence des courants précédemment déterminés par le propulseur peut se faire sentir; et il est à remarquer que l'efficacité de ces propulseurs peut et doit augmenter précisément dans les circonstances où celle de l'hélice diminue, c'est-à-dire lorsqu'il y a une grande résistance à la marche du navire, puisque dans ce cas les propulseurs agissent davantage sur la même eau.

Pour fixer les idées, nous allons rechercher quelle est approximativement la marche des effets que je viens d'indiquer.

Soit AB une ligne transversale par rapport au navire, et soit CD



le chemin parcouru par le navire pendant l'unité de temps, je

prends EC égal au chemin transversal parcouru par la surface propulsive également pendant l'unité de temps. Si nous supposons ces deux mouvements uniformes, CD et EC représenteront : le premier, la vitesse V du navire; le second, la vitesse v, relativement au navire, de la surface propulsive. La vitesse réelle de cette surface serait ED, résultante de V et v. Soit FE, le plan de la surface propulsive. Si l'eau n'eût pas cédé pendant que cette surface décrivait le chemin relatif CE, le navire aurait marché de CF. La différence DF, entre CF et le chemin réellement parcouru par le navire, est le recul. Il y a toutefois à faire ici une remarque importante: ce recul n'est que le recul apparent. On a observé, en effet, que non-seulement le recul était souvent très-faible sur les navires à hélice de grande marche, mais que même, dans quelques circonstances exceptionnellement favorables, ce recul devenait négatif, et que l'avance du navire pendant un tour d'hélice était alors plus considérable que le pas de cette hélice. Cependant l'hélice agissait bien dans le sens convenable, et lorsque l'on se servait du dynamomètre, on constatait une poussée considérable vers l'avant du navire. Cet effet singulier s'explique de la manière suivante :

Toutes les fois qu'un corps se meut dans un fluide, il pousse en avant de lui et entraîne à sa suite une certaine quantité de fluide qui forme ainsi, à l'avant et à l'arrière, ce que l'on a nommé *proue* et *poupe fluides*. Ces masses de fluide ne forment pas chacune un tout bien délimité. Les vitesses des molécules qui les composent diffèrent d'autant plus de celle du navire qu'elles sont plus éloignées de celui-ci, jusqu'à ce qu'elles perdent cette vitesse après avoir été remplacées par d'autres molécules. L'intensité de ce phénomène est d'autant plus considérable que la vitesse du navire est plus grande et que ses formes sont plus renflées. Il peut, pour le même navire, être peu sensible aux petites vitesses, et devenir au contraire considérable si la vitesse augmente beaucoup. C'est au milieu de la poupe fluide qu'agit l'hélice, et on comprend parfaitement l'effet indiqué plus haut d'un recul très-faible ou négatif, puisque l'action du propulseur s'exerce, dans les circonstances où il se produit, sur de l'eau qui a une assez grande vitesse dans le sens de la marche du navire. Le recul réel, le recul vrai, est dans ce cas relatif à la vitesse de l'eau sur laquelle agit le propul-

seur, et par suite beaucoup plus grand que le recul apparent.

Soit FG ce recul vrai. On voit qu'il doit être égal au recul apparent FD, plus une quantité DG représentant la vitesse de la poupe liquide à la suite du navire. Le chemin réellement parcouru, suivant sa normale, par la surface propulsive est DH, mais sa vitesse effective de rencontre avec l'eau est GI, à cause de la vitesse GD de la poupe liquide, dans le sens de la marche du navire. Soit u cette vitesse de rencontre. La résistance normale R éprouvée par la surface propulsive sera $nKSu^2$; K étant le coëfficient, trouvé par expérience, de la résistance qu'éprouve de la part de l'eau l'unité de surface pour l'unité de vitesse, et n un coëfficient dépendant de l'étendue et de la forme de la surface propulsive S. La résistance éprouvée par le navire, dont la vitesse est V, sera mKB^2V^2; B^2 étant sa maîtresse section et m un coëfficient relatif à ses dimensions et à sa forme. La résistance R pourra se décomposer en deux forces : l'une longitudinale, P, qui devra être égale et opposée à la résistance éprouvée par le navire, et qui sera par conséquent égale à mKB^2V^2; l'autre transversale, Q. Cette composante transversale constitue la résistance que doit vaincre la machine, et le travail de la machine, abstraction faite des résistances passives, sera $CE \times Q$ ou vQ. Si l'on désigne par φ l'angle FEC de la surface propulsive avec le plan transversal, on a entre P et Q la relation $Q = P \tang \varphi$. Le travail dépensé par la machine est donc : $vP \tang \varphi$. Ainsi le travail nécessaire pour obtenir une même vitesse V du navire sera proportionnel à $v \tang \varphi$. Or, $v \tang \varphi$ c'est $CF = V + r_a$; r_a désignant DF, le recul apparent. Ce travail se décompose donc en deux parties : l'une, V.P, qui est relative à V et qui est la partie utilisée; l'autre, r_a.P, relative à r_a, et qui est la partie absorbée par le recul. Il suffit d'apprécier cette partie perdue du travail relativement à la partie utilisée, pour se rendre compte du plus ou moins d'avantage des dispositions employées.

On a : r_a (le recul apparent) égal à r_v (recul vrai), moins une quantité GD, qui est la vitesse de la poupe liquide à la suite du navire. Il faut donc chercher la valeur de r_v.

Nous avons vu que $P = mKB^2V^2$ et $R = nKSu^2$.

On a d'ailleurs $P = R \cos \varphi$; donc :

$$\frac{\cos \varphi}{mKB^2V^2} = nKSu^2$$

d'où :

$$u^2 = \frac{mKB^2}{nKS} \times \frac{V^2}{\cos\varphi} = \frac{l^2V^2}{\cos\varphi};$$

et

$$u = \frac{lV}{\sqrt{\cos\varphi}}$$

On a aussi, dans le triangle FGI :

$$r_V = \frac{u}{\cos\varphi}$$

donc :

$$r_V = \frac{lV}{\cos\varphi\sqrt{\cos\varphi}} = \frac{lV}{\cos^{3/2}\varphi}$$

et

$$r_a = r_V - GD = \frac{l.V}{\cos^{3/2}\varphi} - GD = \frac{lV}{\cos^{3/2}\varphi} - \frac{a}{b}V;$$

$\frac{a}{b}$ étant le rapport fractionnaire de GD à V.

Recherchons maintenant quelle peut être sur la valeur de r_a l'influence des courants déterminés dans l'intérieur de la poupe liquide, par l'action du propulseur, antérieurement au moment considéré. Ces courants n'auront évidemment d'influence que par leur composante normale à la surface propulsive. Soit $\frac{c}{d}u$, la valeur de cette composante normale, u continuant à désigner la vitesse effective de rencontre de l'eau avec le propulseur, vitesse qui ne devra pas changer tant que l'on se proposera d'obtenir une même vitesse du navire. Si le courant tend à éloigner l'eau de la surface propulsive, la vitesse de celle-ci devra augmenter, pour conserver la même valeur de R, précisément de $\frac{c}{d}u$. Si donc nous prenons sur le prolongement de HD, KD $= \frac{c}{d}u$, KH donnera la vitesse réelle de la surface propulsive suivant sa normale. Je mène DL parallèle à AB, et KL parallèle à EF. On aura LO, perpendiculaire à EF, qui sera égal à KH. La surface propulsive doit parcourir un chemin LO suivant sa normale, pendant que le navire décrit un chemin $V = CD = ML$. La vitesse v' du propulseur par rapport au navire sera donc égale à EM, et le recul apparent deviendra $r_a' = LN$.

On aura :

$$r_a' = \frac{LO}{\cos\varphi} = \frac{KH}{\cos\varphi} = \frac{DH}{\cos\varphi} + \frac{KD}{\cos\varphi} = r_a + \frac{\frac{c}{d}u}{\cos\varphi} = \frac{lV}{\cos^{3/2}\varphi}$$

$$- \frac{a}{b}V + \frac{\frac{c}{d}u}{\cos\varphi}.$$

Or,

$$\frac{u}{\cos\varphi} = r_V = \frac{lV}{\cos^{3/2}\varphi};$$

donc :

$$r_a' = \frac{lV}{\cos^{3/2}\varphi} - \frac{a}{b}V + \frac{c}{d}\frac{lV}{\cos^{3/2}\varphi}.$$

Si, au lieu de s'éloigner de la surface propulsive, la composante normale du courant $\frac{c}{d}u$ s'en était rapprochée, comme cela a lieu avec les propulseurs alternatifs lorsque leurs angles avec le plan transversal sont plus grands que 45°, on serait arrivé par des considérations analogues à la formule :

$$r_a'' = \frac{lV}{\cos^{3/2}\varphi} - \frac{a}{b}V - \frac{c}{d}\frac{lV}{\cos^{3/2}\varphi}.$$

On ne doit pas oublier que les valeurs de r_a, r_a', r_a'' expriment seulement le rapport du travail perdu au travail utilisé représenté dans les formules par V. Pour pouvoir comparer les quantités de travail en vraie grandeur, dans l'hypothèse de différentes vitesses du navire, il faudrait multiplier ces valeurs par P, ou par mKB^2V^2.

Le recul apparent et le recul vrai ne sont pas dans un rapport numérique nécessaire, car leur différence, qui est la vitesse de la poupe liquide, change nécessairement avec les formes assez variables des navires et avec leurs vitesses. L'expérience ne peut d'ailleurs fournir de données sur les valeurs ordinaires de la vitesse de la poupe liquide, car cette vitesse théorique n'est qu'une moyenne entre les vitesses qui peuvent être assez différentes des différentes parties de la poupe liquide sur lesquelles agit le propulseur. On est donc réduit à établir sur les valeurs relatives de ces quantités l'hypothèse qui paraîtra le mieux s'accorder avec les résultats de la pratique.

Je pense que l'on ne sera pas éloigné d'une moyenne suffisamment exacte en supposant la vitesse de la poupe liquide égale aux trois-quarts de celle du navire. On pourra conserver cette hypothèse lorsque l'on considérera des navires de diverses sortes, si, comme j'aurai soin de le faire, on suppose de moindres vitesses aux navires qui ont les plus grosses formes, parce que ces deux circonstances, de vitesses plus grandes et de formes plus renflées, influent également sur la formation de la poupe liquide. Si maintenant, pour un navire fin, pour de bonnes vitesses, suffisantes pour que les courants antérieurement déterminés par le propulseur n'aient pas d'influence sensible sur sa propulsion actuelle, et pour une valeur 30° de φ, on suppose le recul apparent égal au quart de la vitesse du navire, le recul vrai devra être égal à cette vitesse.

On pourra de suite obtenir la valeur du facteur

$$l^2 = \frac{m\text{KB}^2}{n\text{KS}},$$

en la déduisant de l'expression

$$r_V = \frac{lV}{\cos^{3/2}\varphi},$$

qui devient dans ce cas :

$$V = \frac{lV}{\cos^{3/2} 30^\circ},$$

d'où $l = \cos^{3/2} 30^\circ = 0{,}8$ environ, d'où enfin : $l^2 = 0{,}64$.

On voit d'après cette valeur de l^2 que la résistance éprouvée par le navire ne serait que les deux-tiers environ de celle éprouvée par le propulseur, ce qui ne peut convenir qu'à un navire fin et ayant un grand tirant d'eau, qui permet de donner beaucoup de surface au propulseur.

Pour des navires à façons plus grosses, ou pour des navires à façons fines, mais à petit tirant d'eau, la valeur de l^2 devra augmenter et nous la supposerons égale à 1. Si pour ces navires on introduit, comme il y a lieu, la condition d'un courant préalable à l'action du propulseur, il sera suffisant de considérer sa vitesse comme la moitié de la vitesse de rencontre du propulseur avec l'eau, ces navires devant avoir une moyenne vitesse.

Enfin, pour les navires à grosses façons et à petit tirant d'eau, l^2 devra encore augmenter. Je le suppose égal à 2 ; d'où $l = \sqrt{2}$.

Pour ces navires, qui auront une faible vitesse, les courants préalables devront être plus sensibles et nous les supposerons d'une vitesse égale à la vitesse de rencontre. Cette hypothèse n'a rien d'extraordinaire; car la vitesse du propulseur, relativement à la poupe liquide et suivant sa normale, devant être égale à la vitesse de ces courants plus la vitesse effective de rencontre, cette valeur de la vitesse des courants suppose qu'ils ont perdu, dans l'intervalle de deux actions du propulseur, la moitié de leur vitesse primitive.

Il convient de remarquer que le mode d'influence de ces courants n'est pas tout à fait le même dans les deux cas de l'hélice et du propulseur alternatif.

Pour l'hélice, chaque aile passe vis-à-vis les endroits où a passé l'aile précédente toujours après un même temps, et par suite rencontre des courants d'une énergie à peu près constante. Il n'en est pas de même pour le propulseur alternatif. Il suit dans l'eau une ligne brisée assez semblable à la route d'un navire qui louvoie. Au commencement de chacune de ses courses, il passe très-près de l'endroit où il a passé à la fin de la course précédente, et va toujours s'éloignant de la route suivie pendant cette course. Les courants existant dans l'eau sur laquelle il agira, auront donc d'abord une grande intensité, et cette intensité diminuera, tant par suite de la plus grande distance à laquelle il passera des positions correspondantes de l'autre course, que par suite du temps plus long après lequel aura lieu ce passage.

Pour l'hélice, si on suppose quatre ailes, ce qui est le cas habituel, chaque aile passera plus en avant que l'endroit où a passé la précédente d'une quantité égale au quart de l'avance du navire pendant un tour d'hélice. Le chemin transversal parcouru par le propulseur alternatif à chaque course est, au moins pour la *godille-évolueur,* à peu près les 5/6 de la circonférence décrite par l'hélice. Il est facile de voir que c'est à peu près vers le septième de sa course que ce propulseur se trouvera, quant à l'intensité des courants, dans la même situation que les ailes de l'hélice. D'après cela, je crois qu'il est permis, pour ne pas trop compliquer les conditions du problème, de considérer ce propulseur comme agissant, pendant la première moitié de sa course, sur de l'eau animée de courants dont la vitesse moyenne serait celle des courants qui ac-

compagnent l'effet de l'hélice dans des conditions correspondantes; et pendant la seconde moitié de sa course, sur de l'eau immobile. Il faudra donc, dans les calculs, prendre une moyenne entre les résultats correspondants à ces deux parties de la course.

Le tableau suivant a été établi d'après les hypothèses et conditions ci-dessus, au moyen des formules trouvées plus haut, et pour des valeurs de φ successivement égales à 30°, 45° et 60°. Ces valeurs de φ doivent s'entendre, pour l'hélice, de l'angle moyen de ses génératrices avec le plan transversal, en tenant compte, pour l'établissement de cette moyenne, des différences d'action élémentaire qui résultent des distances différentes de ces génératrices à l'axe de rotation.

Les nombres de ce tableau donnent le rapport du travail perdu au travail utilisé. Pour pouvoir comparer les pertes en valeur vraie, il faudrait multiplier ces nombres par mKB^2V^3.

	Valeurs de φ.	$l = 0,8$ Pas de courants préalables. — Navires fins et d'un grand tirant d'eau. — Vitesse de 7 à 8 nœuds.	$l = 1$ Courants préalables égaux à la moitié de la vitesse de rencontre. — Navires fins, mais d'un petit tirant d'eau, à la vitesse de 7 à 8 nds; ou navires gros, mais d'un grand tirant d'eau, à la vitesse de 4 à 5 nds.	$l = \sqrt{2}$ Courants préalables égaux à la vitesse de rencontre. — Navires gros et d'un petit tirant d'eau. — Vitesse de 2 nœuds environ.
Hélice	30°	»,25	1,11	2,75
	45°	»,61	1,77	4,01
	60°	1,53	3,48	7,25
Propulseurs alternatifs	30°	»,25	»,65	1,43
	45°	»,61	»,93	2,13
	60°	1,53	1,72	2,25

Il est facile, d'après ce tableau, de se rendre compte des grands avantages des propulseurs alternatifs, dans toutes les circonstances défavorables à la marche.

Les conséquences à tirer des résultats ci-dessus sont, je crois, les suivantes :

Pour les navires à grand tirant d'eau et ayant une certaine vitesse, le mouvement alternatif ne donne aucun avantage pour la propulsion; il est donc en réalité désavantageux, puisqu'il n'y a aucune compensation à la perte causée par l'inertie à chaque changement de sens du mouvement. Pour ces navires, d'ailleurs, l'emploi de l'hélice est des plus satisfaisants.

Pour les grands navires dans des conditions de moyenne vitesse, ces propulseurs auraient un assez grand avantage, mais je crois que dans l'application il se présenterait dans ce cas, comme du reste dans le précédent, d'assez grandes difficultés à vaincre pour arriver à établir des appareils de dimension convenable.

Il n'en serait pas de même pour les navires de petit tirant d'eau ayant de la vitesse. Rien n'empêcherait de les faire profiter des avantages des propulseurs alternatifs, qui, dans ce cas, ne vont pas à moins qu'à diminuer de près de moitié la perte de travail par suite du recul. Cette différence considérable assurerait une compensation plus que suffisante pour la perte de travail due au changement de sens du mouvement. Le propulseur alternatif agissant, dans ce cas, dans des conditions au moins égales, sinon supérieures, à celles dans lesquelles agit l'hélice, l'avantage de ce propulseur consisterait surtout, pour ces navires, dans la facilité qu'il donne de faire concourir la machine aux évolutions. On pourrait par ce moyen faire tourner le navire, et cela très-rapidement, alors même qu'il n'a aucune vitesse ou bien qu'il marche en arrière, ce qui est actuellement ou très-difficile ou même impossible avec le gouvernail. Mais ce n'est que dans des circonstances favorables à la marche que l'égalité d'effet subsistera entre l'hélice et le propulseur alternatif pour ces navires. Dès qu'une cause quelconque viendra ralentir leur marche, ils rentreront par le fait dans le cas de la troisième colonne du tableau, et le propulseur alternatif acquerra une grande supériorité. Un navire de petit tirant d'eau, muni d'un propulseur de ce genre, pourrait encore lutter contre une brise de l'avant, de plus en plus fraîche, alors que depuis bien longtemps déjà le même navire, n'ayant qu'une hélice de petit diamètre, eût été forcé d'y renoncer.

Enfin, pour les navires à petites vitesses et à petit tirant d'eau, l'avantage est toujours très-considérable, ce qui rend ces propulseurs tout à fait appropriés à ce cas, qui est, on peut le dire, leur domaine naturel.

On trouvera peut-être que les chiffres qui répondent dans le tableau aux propulseurs alternatifs sont encore bien considérables, et que des pertes de travail dans ce rapport rendraient ces propulseurs, malgré leur supériorité sur l'hélice, en somme peu avantageux.

Il est indispensable de faire à cet égard une remarque importante. En premier lieu, les nombres du tableau relatifs à l'hélice paraîtront, si on les compare aux résultats de l'expérience, un peu forts, et il y aurait lieu, par suite, de réduire un peu tous les chiffres du tableau. D'autre part, les résultats relatifs aux deux genres de propulseurs ont été calculés en supposant que leur surface S était la même dans les cas correspondants. Il est très-loin d'en être réellement ainsi. En effet, la partie des ailes de l'hélice qui se rapproche de l'axe n'a presqu'aucune efficacité, à cause de la faible vitesse de cette partie et du grand angle que les génératrices y font avec le plan transversal. Ce n'est donc que par leur extrémité qu'agissent les ailes, ce qui équivaut à une diminution assez notable de la surface du propulseur. Pour les propulseurs alternatifs, toute la surface propulsive sera à une assez grande distance de l'axe de rotation, et elle agira par suite, par toute son étendue. De plus, et par plusieurs raisons, on pourra donner à cette surface une largeur plus grande que celle à laquelle l'expérience a appris à limiter l'hélice. Cette circonstance influerait sur la valeur du facteur l de nos formules, dont le carré l^2 exprime le rapport entre la résistance à la marche du navire et la résistance normale éprouvée par le propulseur, résistance qui augmente avec S. Il faudrait donc en réalité diminuer beaucoup les nombres du tableau relatifs au propulseur alternatif. Ceux de la troisième colonne, en particulier, deviendraient, en maintenant l'hypothèse des courants égaux à la vitesse de rencontre, mais en supposant l égal à 1 seulement : «,80, pour $\varphi = 30°$; »,93, pour $\varphi = 45°$; 1,37, pour $\varphi = 60°$. La différence est, comme on voit, très-notable et de nature à modifier considérablement, dans un sens avantageux au propulseur alternatif, les conclusions auxquelles nous sommes arrivés plus haut.

Le coëfficient de perte 1,37, qui vient d'être trouvé pour $\varphi = 60°$, est encore assez faible relativement pour permettre, si l'on y voyait un avantage, d'ouvrir beaucoup l'angle φ pour ces propulseurs et dans ces conditions. On pourrait rechercher par ce moyen, soit un avantage mécanique, soit une meilleure condition pour la construction. L'avantage mécanique pourrait être d'obtenir la même vitesse du navire pour une moindre vitesse de la machine, qui serait ainsi moins exposée à se détériorer, comme elle le fait très-

promptement aux grandes vitesses que l'on a été obligé d'adopter pour les hélices d'un petit diamètre. L'avantage de construction serait le suivant : le mouvement de ces propulseurs sera en général circulaire alternatif, et les éléments de la surface propulsive seront à des distances différentes de l'axe de rotation. Comme on est obligé de faire cette surface plane, parce que le propulseur agit successivement par ses deux faces, il y a une certaine différence dans l'incidence de l'eau sur ses divers éléments, et on est obligé de donner une assez grande longueur à l'axe de rotation pour que, tout en conservant une grandeur convenable à la surface propulsive, l'on ne soit pas exposé à ce que l'eau agisse à revers, en contrariant la marche du navire, sur ceux de ses élements qui sont les plus rapprochés de l'axe. L'adoption d'une grande valeur de l'angle φ, permettrait de diminuer notablement cette longueur de l'axe de rotation, et par suite le moment de la résistance et le poids de l'appareil. Cependant on pourra le plus souvent s'en tenir à 45°.

Je dois, avant de terminer, indiquer une autre circonstance favorable aux propulseurs alternatifs. La masse d'eau sur laquelle s'exerce l'action d'un propulseur est, à vitesse égale du navire, proportionnelle à l'aire décrite par ce propulseur. On conçoit l'influence sur la propulsion de la répartition de l'action du propulseur sur une masse d'eau plus considérable; car la masse étant plus grande, la vitesse qui lui sera communiquée devra être plus petite, et le recul du propulseur diminuera d'autant. C'est une conséquence de la longueur que l'on est obligé, comme on vient de le voir, de donner au rayon de rotation des propulseurs alternatifs, que l'aire décrite par ces propulseurs est supérieure à celle décrite par l'hélice, et cela dans d'assez fortes proportions.

Le résultat de la discussion précédente doit être de convaincre qu'il y a, pour une bonne action des propulseurs alternatifs, des probabilités qui équivalent presque à une certitude, et que ces propulseurs qui, à cause des dimensions qu'il faudrait leur donner sur de grands navires, ne sont applicables qu'aux navires à petit tirant d'eau, seront sur ces derniers, surtout sur ceux à petite vitesse, très-avantageux.

Je suis loin de regarder comme rigoureuses, les considérations et appréciations que je viens d'exposer. Comme il arrive presque

toujours en théorie, j'ai été obligé, pour ne pas compliquer la question outre mesure, de négliger quelques circonstances accessoires, dont l'influence est d'ailleurs impossible à évaluer avec précision, le frottement, par exemple. La théorie de la résistance des fluides dont je me suis servi, et qui suppose les résistances proportionnelles aux carrés des vitesses, n'est plus depuis longtemps regardée que comme un à peu près, commode dans la pratique à cause de sa simplicité, mais qui exige quelques corrections.

Telle qu'elle est cependant, je crois que cette discussion pourrait fournir les indications nécessaires à la direction d'expériences, qui seules pourraient devenir concluantes. Je crois aussi qu'elle fait connaître d'une manière assez exacte la marche des phénomènes de la propulsion, pour qu'il soit permis de penser que les résultats de ces expériences ne différeraient pas essentiellement de ceux auxquels je suis arrivé.

Si, du reste, on peut penser que parmi les circonstances accessoires de la propulsion il y en a quelques-unes défavorables aux propulseurs alternatifs, il est certain qu'il y en a d'autres qui leur sont favorables, et j'en ai déjà indiqué plusieurs.

Le principal inconvénient des propulseurs alternatifs, la perte de travail au changement de mouvement, n'est pas lui-même sans compensations, et de plus il existe des moyens de l'annuler presque complétement.

Comme tout corps qui se meut dans l'eau, le propulseur entraîne dans son mouvement une certaine masse de liquide. Lorsque le propulseur s'arrête, le mouvement de cette masse tend à se continuer. Lorsque le mouvement recommencera en sens inverse, ce qui a lieu presque immédiatement, une nouvelle masse d'eau accompagnera le propulseur, et celui-ci éprouvera une augmentation de résistance, non-seulement pour communiquer à cette nouvelle masse d'eau la force vive nécessaire, mais encore par suite de la réaction de la masse d'eau dont le mouvement dans le sens primitif s'est continué. Cette augmentation de résistance équivaut à une augmentation dans l'efficacité du point d'appui que le propulseur trouve sur l'eau. On remarque une partie de cet effet lorsqu'on veut mettre en mouvement, suivant une direction horizontale qui lui est oblique, un plan mince vertical en partie plongé dans l'eau. On a quelque peine, lorsque le mouvement commence, à maintenir

le plan sur la direction qu'on veut lui faire prendre, et on constate qu'il tend, en ce moment, avec plus d'énergie que lorsque le mouvement est déjà établi depuis quelque temps, à s'échapper suivant sa direction propre. Il existe plusieurs circonstances où l'inertie de l'eau produit ainsi des effets assez considérables : le ricochet des projectiles par exemple. Dans le cas actuel, je crois qu'il y a là une compensation très-efficace à l'inconvénient ordinaire du mouvement alternatif.

Le moyen de faire disparaître presque complétement la perte de travail entre deux périodes du mouvement alternatif, consiste à arrêter le corps en mouvement, à la fin du chemin qu'il doit parcourir, au moyen de ressorts qui, en se comprimant, absorbent la force vive dont il était animé, pour la lui restituer, en se débandant, lorsque ce corps repart en sens inverse. Ce moyen, il est vrai, produit des secousses qui pourraient nuire à la solidité des appareils; mais il n'est pas difficile d'en atténuer les effets par des dispositions judicieuses.

Enfin, pour ceux de ces propulseurs dont le mouvement sera analogue à celui du pendule, comme c'est le cas pour la *godille-évolueur*, le poids même de l'appareil absorbera, pour s'élever pendant la seconde moitié de la course, une quantité de force vive qu'il restituera en descendant pendant la première moitié de la course suivante.

Voilà, certes, bien des causes qui peuvent concourir à diminuer beaucoup, sinon à faire disparaître complétement, la perte de force vive au changement du sens du mouvement. Aussi ai-je l'intime conviction du très-bon effet des propulseurs de ce genre.

Cette conviction est encore augmentée par l'observation de la manière dont s'opère la locomotion des poissons. J'ai trouvé là une raison de penser qu'il devait se rencontrer dans le mode d'action des propulseurs alternatifs, des effets peu connus et de nature à en rendre l'emploi très-avantageux. Le principal instrument de progression du poisson est sa queue. Ses nageoires lui servent surtout à se diriger, à s'arrêter et à reculer. Or, le mode d'action de cette queue est précisément celui que nous venons d'étudier dans les propulseurs alternatifs. Sans doute, comme dans tout ce que fait la nature, il se trouve là des dispositions qui donnent à son

œuvre une perfection que l'homme ne doit pas espérer atteindre. Cependant l'imitation, même éloignée, de la nature, a souvent conduit à des découvertes très-utiles, et je suis persuadé qu'il en serait de même ici.

Encore quelques mots sur les applications possibles des propulseurs à mouvement alternatif. On a vu plus haut qu'il y avait lieu d'écarter, pour le moment, tous les navires qui ont un tirant d'eau suffisant pour une bonne action de l'hélice. Reste donc les navires à petit tirant d'eau.

J'avais surtout en vue, dans mes recherches, les applications militaires. Le Conseil des travaux de la Marine n'a point admis mes propositions à cet égard, par ce motif que l'appareil, étant en grande partie au-dessus de l'eau, ne serait pas à l'abri du boulet. Bien que persuadé que c'est là une condition irréalisable pour les navires de petit tirant d'eau, quel que soit le propulseur employé, je ne chercherai pas à combattre cette décision et m'attacherai particulièrement à l'emploi de ces propulseurs sur les canaux, application à laquelle le Conseil des travaux a été plus favorable.

On a vu précédemment que les propulseurs à mouvement alternatif offraient surtout de très-grands avantages lorsqu'ils étaient appliqués aux navires à petit tirant d'eau marchant à petites vitesses. Ces conditions sont précisément celles auxquelles on est assujéti pour le transport des marchandises sur les canaux.

Jusqu'ici ce mode de transport s'est refusé d'une manière à peu près absolue à l'application de la vapeur, qui offrirait cependant de très-grands avantages économiques sur la méthode actuellement en usage du halage des bateaux par des bêtes de trait. Les roues, outre qu'elles exigeraient une très-grande largeur des écluses, communiquent à l'eau des ondulations très-nuisibles aux berges. Pour l'hélice cet inconvénient n'existe pas au même degré. Il paraît résulter des expériences qui ont été faites, que l'hélice ne produit que peu d'ondulations dans l'eau; mais dès que l'on veut obtenir seulement de moyennes vitesses, il se forme, par le fait seul du passage d'un bateau un peu gros, une lame très-forte et très-nuisible. Cet effet aurait lieu pour un propulseur quelconque, et oblige d'une manière presque absolue à se contenter de petites vitesses pour les bateaux de marchandises. Cette conclusion ac-

quiert plus de force si l'on considère l'augmentation considérable de la résistance avec la vitesse. Cette résistance est en effet, à peu de chose près, comme le carré de la vitesse; d'où il résulte que le travail nécessaire pour entretenir une certaine vitesse pendant un temps donné, est comme le cube de cette vitesse. Comme le temps nécessaire pour un trajet donné ne diminue qu'en raison inverse des simples vitesses, il restera pour le travail dépensé dans un trajet donné le rapport du carré des vitesses. Ainsi, par ces deux raisons, les canaux n'admettent que des vitesses réduites de 3 ou 4 kilomètres au plus à l'heure. Dans ces conditions, une hélice de petit diamètre ne donne qu'un très-mauvais travail, et les pertes occasionnées par un recul considérable absorbent, et au-delà, les avantages que l'on peut se promettre de l'emploi de la vapeur. Je crois avoir établi la très-grande probabilité d'un meilleur emploi des propulseurs alternatifs dans ces conditions; ils permettraient donc une solution très-satisfaisante de la navigation à vapeur des canaux. Je ne pense pas que leur emploi donne lieu à de plus grandes ondulations que celles produites par l'hélice, et il y aura une moindre projection d'eau latéralement, parce qu'en revenant dans un sens, la surface propulsive ramène en ce sens l'eau qu'elle entraînait précédemment en sens inverse.

Il est impossible de méconnaître toute l'importance de ce problème. Le long développement de nos canaux constitue une richesse nationale, pour la création de laquelle d'immenses capitaux ont été absorbés et qui se trouve menacée, par la concurrence des chemins de fer, de disparaître sans compensation, si l'on ne trouve pour son exploitation des moyens plus parfaits que ceux actuellement encore en usage. L'amélioration des conditions de la navigation intérieure aurait encore cet avantage de créer au monopole très-menaçant des chemins de fer un contre-poids qui, en réalité, ne serait pas nuisible à ceux-ci; car il leur resterait, sans compter les voyageurs, une foule d'objets de trafic au transport desquels les canaux ne peuvent prétendre. Plusieurs canaux, d'ailleurs, servent principalement à alimenter les chemins de fer et ceux-ci profiteraient par leur amélioration. Ce serait surtout sur le transport et, par suite, sur le prix de revient des matières de peu de valeur mais de première nécessité, que l'influence d'un meilleur transport par canaux se ferait sentir.

Comme on le voit, l'adoption des propulseurs alternatifs pourrait avoir des conséquences économiques très-étendues et fort avantageuses. A ce titre, aussi bien qu'au point de vue scientifique, ils me paraissent mériter une étude approfondie.

Je n'ai pu faire faire qu'un pas bien court à cette étude, et je n'ose me flatter d'avoir été toujours assez exact; mais je regarderais comme un résultat très-satisfaisant de mon travail d'avoir attiré sur cette question l'attention de plus habiles, et d'avoir provoqué des études plus sérieuses, plus propres à mettre en lumière ce côté très-oublié de l'hydrodynamique.

NOTES

SUR

L'ANATOMIE COMPARÉE

DU SYSTÈME NERVEUX

PAR A. BAZIN

professeur de physiologie animale et de zoologie à la Faculté des Sciences de Bordeaux
président honoraire de la Société Linnéenne, membre de la Société impériale de Médecine
médecin en chef de l'Asile d'Aliénées, etc.

L'intérêt que, depuis si longtemps, les recherches sur l'anatomie du système nerveux n'ont cessé d'inspirer, me fait espérer que les anatomistes liront les notes que je publie : 1° sur la cinquième paire de l'éléphant; 2° sur le système nerveux de la région cervicale et sur le grand sympathique de l'ornithorhinque; 3° sur le grand sympathique du marsouin.

Note sur la cinquième paire de l'éléphant des Indes (*Elephas indicus*).

« Dans l'éléphant, l'ophthalmique et le maxillaire supérieur ont de très-grandes proportions, » dit Cuvier [1]. Je vais ajouter quelques détails à ce que nous apprend le grand anatomiste.

L'individu dont il m'a été permis d'étudier une petite partie du système nerveux et la structure des organes respiratoires était un mâle qui vivait depuis longtemps au Muséum d'histoire naturelle. Il mourut en mai 1837 d'une cérébrite chronique ou ramollissement du cerveau.

L'ouverture du crâne ne me fut permise que plusieurs jours après la mort; le cerveau était en bouillie. Je ne pus étudier qu'une petite portion de son système nerveux.

[1] Cuvier, *Anat. comp.*, 2e édition, t. III, p. 198.

Le volume de la cinquième paire me parut extraordinaire : je l'étudiai de mon mieux, et j'en fis un dessin où l'ignorance de l'art ne se fait que trop sentir, mais qui est exact quant aux dimensions et aux connexions des objets.

Le tronc de la cinquième paire ou nerf trifacial, à peu de distance de l'encéphale ou avant de se diviser en branche ophthalmo-nasale, en maxillaire supérieur et en maxillaire inférieur, a *5 centimètres* de largeur (nº 1); on remarque dans l'épaisseur du tronc nerveux un amas de substance ganglionnaire ou grise (nº 8), de forme elliptique; on en voit sortir un grand nombre de filets nerveux qui se perdent dans l'épaisseur même du tronc nerveux. Ces nerfs appartiennent-ils au système nerveux ganglionnaire? D'autres filets se rendent dans le nerf maxillaire supérieur et dans le nerf maxillaire inférieur. D'autres ganglions ou amas de substance grise se voient à l'origine du nerf lingual et du nerf maxillaire inférieur (nºˢ 9, 6 et 7). Le ganglion nº 10 offre une grande analogie avec le ganglion otique d'Arnold. Il donne de nombreux filets nerveux à l'artère carotide externe.

La première branche (nº 2) ne reçoit pas de filets du ganglion (nº 8); le maxillaire supérieur (nº 3), destiné à animer la face, la trompe et les bulbes dentaires, reçoit des filets ganglionnaires, mais en proportion moindre que le maxillaire inférieur (nº 4).

On sait que le nerf de la cinquième paire de tous les vertébrés présente, immédiatement après sa sortie de l'encéphale, un renflement ganglionnaire, dit *ganglion de Gaser;* mais je ne crois pas que la masse de substance grise que j'ai trouvée dans l'épaisseur du tronc du trifacial de l'éléphant doive être considérée comme l'analogue de ce ganglion.

Note sur l'ornithorhinque (*Ornithorhincus Paradoxus*).

Meckel et Owen nous ont fait connaître l'anatomie de l'ornithorhinque et de l'échidné. Le premier a décrit le cerveau et les nerfs céphaliques des monotrêmes, leurs organes des sens et leur appareil locomoteur; nous devons au dernier la description de leur appareil reproducteur.

Un fait a frappé tous les anatomistes qui ont eu l'occasion d'é-

tudier l'ornithorhinque : c'est le développement de son système nerveux. Le cerveau des monotrêmes ressemble singulièrement à celui des marsupiaux, où le corps calleux et la voûte se confondent en grande partie, d'après Owen.

Ayant pu étudier les nerfs de la région cervicale d'un ornithorhinque qui avait servi aux recherches de Cuvier, je crois utile de faire connaître quelques détails que je n'ai pas trouvés dans les ouvrages dont je puis disposer.

Le conduit auditif externe (CA) qui vient s'ouvrir sous la peau en forme de pavillon de trompe, a près de six centimètres de longueur depuis son orifice externe jusqu'à la membrane du tympan.

La sensibilité des lèvres ou de la membrane qui tapisse la face interne des lèvres, ainsi que celle des tubercules que présente le bord du bec inférieur, doit être très-grande, si l'on en juge par la richesse des plexus nerveux formés par les nerfs maxillaires supérieur et inférieur.

Un muscle particulier, le maxillo-labial met en mouvement la lèvre inférieure (ML).

Le pneumo-gastrique, l'hypoglosse et le grand sympathique de l'ornithorhinque sont volumineux et fournissent un plus grand nombre de filets que dans les autres mammifères. (*V.* Pl. II et III.)

Le pneumo-gastrique (1, Pl. III) fournit à la glotte un rameau laryngé supérieur volumineux; il donne immédiatement après quatre filets courts au grand sympathique [1]; sur le quatrième se trouve un petit ganglion d'où naît un filet qui se rend à la partie inférieure du larynx. Le pneumo-gastrique envoie ensuite plusieurs filets au plexus cardiaque antérieur, parcourt la région cervicale, traverse obliquement le ganglion cervical inférieur (Pl. II), se divise pour donner le nerf récurrent de la convexité duquel se détachent six filets qui vont se rendre au plexus cardiaque [2].—Le

[1] Le graveur n'a figuré que deux de ces filets, et a omis le petit ganglion qui se trouve à la bifurcation du deuxième filet figuré sur notre dessin II.

[2] Dans la planche III, on voit que le pneumo-gastrique ne passe plus sur le ganglion cervical (13), et que les filets qui me paraissaient provenir de la convexité du nerf récurrent (2) pour se rendre au plexus cardiaque, proviennent directement du ganglion. Les dessins sont exacts; seulement, celui de la planche III a été dessiné à la loupe, ce qui m'a permis de corriger une erreur, et le pneumo-gastrique a été porté en dehors du ganglion.

nerf récurrent remonte en longeant la carotide primitive et la trachée à laquelle il fournit des nerfs; puis un de ses filets se rend au larynx comme dans les autres mammifères.

Il ne m'a pas été permis de suivre le pneumo-gastrique plus loin.

L'hypoglosse ne présente rien de remarquable.—La portion cervicale du grand sympathique est libre. Il ne m'a pas été permis de faire la préparation nécessaire pour voir le ganglion supérieur. Le faisceau nerveux qui en sort passe en arrière du rameau lingual de l'hypoglosse et forme, dans ce point, un petit ganglion (Pl. II); plus loin, il donne un filet qui s'unit à une branche du nerf récurrent, puis deux filets qui se réunissent pour se rendre au plexus cardiaque.—Enfin, ce dont je ne connais pas d'exemple, le grand sympathique avant de pénétrer dans le ganglion cervical inférieur, se divise en trois rameaux qui entrent dans le ganglion par son bord supérieur et externe (13, 14, 15); ce ganglion, dont les dimensions sont considérables eu égard à la taille de l'animal (douze millimètres de long sur quatre millimètres de large), donne, par son côté interne, huit filets nerveux au tronc innominé et au plexus cardiaque (18, 19, 20, 21, Pl. III); son extrémité inférieure en fournit deux au plexus cardiaque; un troisième se rend au premier ganglion thoracique (16, Pl. III); le côté externe donne un seul filet à l'artère omoïde (17).

Le plexus cardiaque présente un petit ganglion sur la veine cave supérieure (30'), tout près de son confluent avec la veine cave inférieure.

Le poumon droit a cinq lobes.

Il m'a été impossible de continuer cette étude.

Note sur le système nerveux, et particulièrement sur le grand sympathique du marsouin (*D. Phocæna*).

E. H. Weber, après avoir nommé les divers ordres de mammifères dont il avait étudié le grand sympathique, s'exprimait ainsi, dans son Mémoire publié en 1817, sur cette partie de l'anatomie du système nerveux : « Il reste encore un ordre de mammifères » qui, à ma connaissance, n'a été étudié sous ce rapport, par au-

» cun anatomiste : c'est celui des cétacés, dont je désirerais sur-» tout connaître le sympathique (¹). »

W. Rapp, professeur d'anatomie à Tubingue, dit que l'on manque de renseignements sur la distribution des nerfs spinaux des cétacés et que leur système ganglionnaire n'a pas encore été étudié (²).

Les éditeurs de la seconde édition de l'anatomie comparée de Cuvier, ont décrit le grand sympathique d'après des recherches faites sur le *loup,* le *raton,* le *porc-épic,* le *mouton* et le *veau* (³).

M. le professeur Esschricht, qui publie en ce moment une monographie des cétacés, va sans doute combler la lacune signalée par Weber et Rapp; mais j'ai pu m'assurer, il y a environ deux ans, qu'il ne l'avait pas encore fait, puisqu'il me demandait un dessin où se trouvent tous les détails de cette anatomie, et manifestait l'intention de le publier. Je puis ajouter qu'il n'était pas plus avancé l'année dernière, quand j'eus l'honneur de le recevoir. C'est ce qui me décide à publier cette note, sans le dessin que mon savant confrère a conservé.

A part la différence due à l'absence complète de lobes et de nerfs olfactifs, on trouve entre les différentes paires céphaliques du marsouin les mêmes connexions que l'on connaît entre les paires de nerfs céphaliques des autres mammifères.

Rameau nasal. — Toutefois, je crois devoir indiquer quelques différences qui m'ont paru dignes d'attention. Le rameau de la première branche de la cinquième paire qui se distribue à la membrane muqueuse des évents, est bien évidemment l'analogue du rameau nasal. J'ai été frappé du volume considérable qu'il présente chez le marsouin. Ce nerf serait-il le siége d'un sens plus ou moins analogue au sens de l'odorat? En faisant passer l'eau par leurs

(¹) Unus autem superest ordo, quem hac in re a nemine anatomico adhuc examinatum scio, cetaceorum, quorum nervum sympaticum præ cæteris cupidus essem cognoscendi. — V. *Anatomia comparata nervi sympathici auctore,* E.-H. Weber, Lipsiæ, 1817, in-8°, p. 8.

(²) Auch das ganglien system der cetaceen ist noch nicht untersucht. — V. Rapp : *Die cetaceen zoologisch anatomisch dargestellt.* Stuttgard, und Tubingen, 1837, in-8°, p. 123.

(³) *Leçons d'anatomie comparée,* par G Cuvier, recueillies et publiées par Duméril et Laurillard, t. III, p. 284.

évents, les cétacés chercheraient-ils à découvrir, à l'aide d'une espèce d'olfaction, le voisinage de leur proie ou de leurs ennemis?

Ganglion ophthalmique. — Le ganglion ophthalmique est situé, comme dans la plupart des mammifères, en dehors et un peu en dessous du nerf optique qui est remarquable par sa longueur. Ce ganglion reçoit encore, comme dans les autres mammifères, des racines de la troisième, de la cinquième et de la sixième paires. La plupart des nerfs ciliaires viennent de ce ganglion.

Connexions nerveuses. — Les connexions que l'on connaît depuis longtemps dans les autres mammifères, et les connexions analogues que nous avons décrites dans les oiseaux, les reptiles et les poissons : 1° entre la seconde branche de la cinquième paire et le nerf facial; 2° entre ce dernier, le nerf auditif, le glosso-pharyngien et le ganglion cervical supérieur, existent également dans le marsouin.

Rapport entre la situation des racines du nerf accessoire et les circonvolutions cérébrales. — Les racines de l'accessoire appartiennent à toute la portion cervicale de la moelle, et les plus inférieures semblent appartenir à la région dorsale. Chez l'homme et le plus grand nombre des mammifères, où les circonvolutions cérébrales sont bien marquées, les racines de l'accessoire sont situées entre les racines des nerfs moteurs et celles des nerfs sensitifs; mais toujours plus près des dernières que des premières. A mesure que les hémisphères cérébraux diminuent et que les circonvolutions tendent à s'effacer, on voit les racines de l'accessoire se rapprocher des racines postérieures ou sensitives, puis émerger de la face postérieure de la moelle ou des faisceaux sensitifs. Telle est la disposition que présentent tous les mammifères dont la surface des hémisphères cérébraux est aussi lisse ou aussi dépourvue de circonvolutions que ce que l'on prend encore pour des hémisphères cérébraux dans les oiseaux, les reptiles et même les poissons. La situation des racines de l'accessoire du marsouin présente donc une exception; car, d'un côté, les racines de son nerf accessoire naissent des faisceaux postérieurs de la moelle, comme dans les oiseaux et les reptiles; et de l'autre, le nombre et le volume de ses circonvolutions cérébrales ne sont surpassés que chez l'éléphant et chez l'homme.

L'accessoire sort du crâne avec le pneumo-gastrique. Le faisceau

nerveux produit par leur réunion reçoit aussitôt un grand nombre de filets de la portion supérieure du ganglion cervical supérieur. Ces filets traversent une petite masse ganglionnaire, qui forme comme une espèce de couronne ou de bonnet à la tête ou partie supérieure du premier ganglion cervical. C'est la première fois que je rencontre une pareille disposition dans les mammifères. L'aigle m'avait déjà présenté un ganglion supérieur bilobé, dont le plus petit lobe occupait, comme dans le marsouin, la partie supérieure et un peu latérale du ganglion, et se trouvait, encore comme dans le marsouin, en connexion avec le glosso-pharyngien, le facial, le pneumo-gastrique, l'accessoire et l'hypoglosse.

La face postérieure du ganglion cervical supérieur donne naissance à plusieurs filets. Les deux premiers se perdent dans le faisceau du pneumo-gastrique; trois autres fournissent aux plexus cardiaque et bronchique.

J'ai suivi la distribution du pneumo-gastrique sur les bronches, et je n'ai été arrêté que par la ténuité de leurs divisions, qui conservent encore de nombreuses portions cartilagineuses avec un diamètre de 1 à 2 millimètres. Le pneumo-gastrique se distribue non-seulement à la membrane muqueuse bronchique, mais encore au tissu musculaire, dont la présence, ainsi que celle du tissu élastique, est facile à constater, même dans les plus petites bronches.

Une des particularités offertes par le grand sympathique du marsouin est cette espèce de couronne ganglionnaire, unie au ganglion cervical supérieur par de nombreux filets que l'on peut suivre jusqu'au faisceau nerveux formé par le pneumo-gastrique et l'accessoire.

Dans l'homme, l'orang-outang, l'éléphant des Indes et un petit nombre d'autres mammifères, les ganglions de la région cervicale sont en connexion directe au moyen d'un faisceau nerveux libre; ce qui revient à dire que la portion cervicale du grand sympathique n'est point contenue dans une même gaîne celluleuse avec le pneumo-gastrique, comme dans les carnassiers, les ruminants et un grand nombre d'autres mammifères.

Le grand sympathique n'a que deux ganglions pour la région cervicale : l'inférieur, de forme conique, surpasse à peine en volume la moitié du ganglion supérieur; il en sort cinq nerfs : deux se rendent au plexus cardiaque; deux autres se rendent, l'un à

l'artère bronchique, l'autre au plexus artériel intra-thoracique; le cinquième nerf se rend à l'artère sous-clavière, sur laquelle il se divise en forme de plexus. Le premier ganglion thoracique que recouvre la veine azygos, recouverte elle-même par le plexus artériel, fournit deux nerfs volumineux au plexus bronchique postérieur. Je n'ai trouvé que six ganglions thoraciques; ils sont plus éloignés de la colonne vertébrale que dans l'homme, ils sont aussi beaucoup moins volumineux, et le sixième était bilobé. Situé près du bord supérieur ou antérieur de chaque côte, chaque ganglion se trouve en connexion, par l'intermédiaire de plusieurs filets, avec le nerf spinal correspondant. Les nerfs splanchniques naissent des quatre derniers ganglions, et un petit ganglion se rencontre sur le trajet d'un des nerfs splanchniques, comme dans l'homme et la plupart des mammifères.

Je n'ai point étudié la portion abdominale du grand sympathique.

En résumé : 1° le marsouin n'a ni lobes ni nerfs olfactifs (1); 2° le rameau nasal est très-développé et se distribue à la membrane muqueuse des évents; 3° les connexions du ganglion ophthalmique sont les mêmes que dans les autres mammifères; 4° les connexions connues dans les mammifères entre la seconde branche de la cinquième paire et le nerf facial, entre ce dernier, le nerf auditif, le glosso-pharyngien et le ganglion cervical supérieur, existent dans le marsouin; 5° le nerf accessoire naît du faisceau postérieur de la moelle épinière par de nombreuses racines très-rapprochées les unes des autres comme dans les oiseaux; 6° le pneumo-gastrique fournit de nombreux filets nerveux aux tissus contractiles et à la membrane muqueuse des bronches; les artères et les veines reçoivent aussi de nombreux filets nerveux du pneumo-gastrique; 7° le marsouin n'a que deux ganglions pour la région cervicale; ils sont moins volumineux que dans l'homme; 8° la région thoracique n'a que six ganglions ou sept, en comptant le sixième qui est bilobé pour deux; ils sont aussi moins volumineux que dans l'homme et les autres mammifères.

(1) Ce que l'on sait depuis longtemps.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche I. — *Nerf trifacial de l'éléphant des Indes.*

1 Nerf trifacial ou cinquième paire de grandeur naturelle.
2 Branche ophtalmo-nasale.
3 Branche maxillaire supérieure.
4 Troisième branche du trifacial.
5 Nerf maxillo-labial.
6 Nerf lingual.
7 Nerf maxillaire inférieur.
8 Masse de substance ganglionnaire commune à la deuxième et à la troisième branche du trifacial.
9 Masse de substance ganglionnaire donnant des filets nerveux au nerf lingual et au nerf maxillaire inférieur.
10 Ganglion du trifacial donnant des nerfs à l'artère carotide externe.
11 Sixième paire ou moteur oculaire externe.
12 Quatrième paire.
13 Hypoglosse.
14 Grand sympathique.
15 Branche de l'artère carotide interne.

Planche II. — *Face inférieure de la tête, de la région cervicale et de la partie antérieure de la cavité thoracique de l'ornithorhinque* (Ornithorhincus paradoxus).

CAE Conduit auditif externe, son pavillon caché en partie.
CA Cornet ou conque auditive externe entièrement recouverte par la peau.
D Muscle digastrique.
KG Muscle kérato-glosse.
ML Muscle maxillo-labial.
MH Muscle mylo-hyoïdien.
M Muscle masséter.
GSM Glande sous-maxillaire, avec son conduit excréteur.
1 Nerf pneumo-gastrique.
2 Nerf récurrent.

Le cœur, la trachée et la glotte, dont la forme est remarquable, n'ont pas besoin d'indication. — La planche suivante donne des indications sur le

système nerveux, qui permettent de comprendre tous les détails de la planche II.

Planche III.

AD Aorte descendante.
AO Aorte.
AO' ou AOC Artère omoïde.
ASG Artère sous-clavière gauche.
CDH Carotide droite.
CG Carotide gauche.
F Tronc innominé donnant naissance à la carotide primitive droite, à l'artère omoïde et à la sous-clavière droite.
VC et VCS Veine cave supérieure.
VSC Veine sous-clavière.
C Cœur.
P Poumons.
1 Pneumo-gastrique.
2-2 Nerf récurrent.
3, 4, 5, 6, 7 et 8 Rameaux du pneumo-gastrique, qui font partie des plexus cardiaque et bronchique.
9-9 Rameau du nerf récurrent.
10-11 Nerfs cardiaques fournis par la branche nº 5.
12 Ganglion cervical inférieur.
13 Sympathique.
14-15 Filets nerveux contenus dans l'enveloppe celluleuse du pneumo-gastrique qui se perdent dans le ganglion cervical inférieur.
16 Portion thoracique du sympathique.
17 Nerf se rendant du ganglion cervical inférieur au plexus brachial.
18, 19, 20 et 21 Nerfs du ganglion au plexus cardiaque.
22, 23, 24 et 25 Nerfs du ganglion au plexus cardiaque et bronchique.
26, 27, 28 et 29 Nerfs provenant du pneumo-gastrique et de la portion cervicale du sympathique se rendant au plexus cardiaque antérieur.
30 et 30' Nerfs cardiaques.

NOTE

SUR

LES PETITES PLANÈTES

SITUÉES ENTRE MARS ET JUPITER;

PAR M. G. LESPIAULT,

professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux.

I.

A mesure que se multipliaient les découvertes des petites planètes situées entre Mars et Jupiter, ces astres sont devenus, particulièrement en Allemagne, l'objet d'un grand nombre de recherches pleines d'intérêt. On a appliqué à l'étude de leur constitution physique et à la mesure de leur diamètre les puissants grossissements des réfracteurs de Dorpat et de Munich; on a déterminé et rectifié leurs éléments elliptiques; on a calculé leurs éphémérides, et quelquefois même les principales perturbations de leurs mouvements; on a cherché à deviner la loi de distribution de leurs orbites dans l'espace, d'après les positions des nœuds et les inclinaisons de ces orbites sur l'écliptique et sur d'autres plans fixes, d'après les grandeurs et les directions de leurs grands axes; on s'est demandé si la marche de ces petits corps suivant des courbes singulièrement entrelacées, n'amènerait pas un jour quelque collision, ou tout au moins quelque rapprochement assez considérable pour donner lieu à des problèmes tout nouveaux de mécanique céleste. Les principaux résultats de ces diverses recherches se trou-

vent épars dans des publications de MM. Encke, d'Arrest, Littrow, Mædler, etc., dans le recueil des *Astronomische Nachrichten,* dans le *Traité d'astronomie* de sir J. Herschel; ils n'ont pas encore été coordonnés, et sont, en général, peu connus en France. C'est une lacune que j'ai essayé de combler, en exposant dans cette Notice l'état actuel de la science relativement aux petites planètes; il a fallu pour cela étendre aux soixante-dix astéroïdes aujourd'hui connus (1) certains calculs qui n'avaient été faits que pour quelques-uns d'entre eux, et ce travail, que j'ai entrepris en commun avec M. Burat, professeur au lycée de Bordeaux, nous a amenés, comme on le verra plus loin, à modifier ou même à rejeter quelques-unes des conclusions auxquelles étaient arrivés les géomètres allemands.

II.

Frappé de l'intervalle considérable qui sépare Mars de Jupiter, Képler avait été conduit, par des idées théoriques, à placer entre ces deux corps une planète inconnue : « *Inter Martem et Jovem interposui planetam (Mysterium cosmographicum).* » Mais il renonça bientôt de lui-même à cette hypothèse mal accueillie des savants contemporains. Un astronome de Florence, nommé Sizzi, protestait, avec une vivacité particulière, contre une pareille doctrine. « Il n'y a, disait-il, que sept trous dans la tête, les deux yeux, les deux oreilles, les deux narines et la bouche, il n'y a que sept métaux, il n'y a que sept jours dans la semaine; il n'y a donc que sept planètes. » Ces astres, dans le système de Ptolémée, étaient Saturne, Jupiter, Mars, le Soleil, Vénus, Mercure et la Lune.

L'idée de Képler fut reprise dans la seconde moitié du XVIIIe siècle. Lambert, Titius et Bode appelèrent successivement l'attention des astronomes sur la lacune qui paraissait exister entre Mars et Jupiter; Bode surtout attachait une extrême importance à la loi célèbre qui porte son nom, bien que, de son propre aveu, elle soit due à Titius. Cherchant une relation numérique entre les distances

(1) Depuis que ces lignes sont sous presse, M. Luther a découvert, le 13 août 1861, une nouvelle planète qui a reçu le nom de *Niobé*.

des planètes au Soleil, Titius avait imaginé d'écrire la série suivante, dans laquelle chaque terme, à partir du troisième, est le double du précédent :

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96.

Si l'on ajoute 4 à chacun de ces termes, on obtient la série nouvelle :

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100.

Dans cette série, 4 représentant la distance de Mercure, 7 représentait la distance de Vénus, 10 celle de la Terre, 16 celle de Mars, 52 celle de Jupiter, 100 la distance de Saturne; mais le nombre 28 ne représentait rien, et semblait devoir correspondre à la distance du Soleil à une planète inconnue. Cette hypothèse rallia de nouveaux partisans, surtout en Allemagne, lorsqu'en 1781 la découverte d'Uranus vint apporter une confirmation inattendue à la loi de Bode. Le baron de Zach alla jusqu'à publier à l'avance, dans l'*Almanach* de Berlin, les éléments de la planète supposée, et il organisa une association d'astronomes pour la recherche de cet astre. Le Zodiaque fut partagé en vingt-quatre zones, dont chacune fut confiée à la surveillance spéciale de l'un des membres de la société. La découverte ne se fit pas attendre, mais c'est d'autre part qu'elle vint.

Piazzi, astronome à Palerme, s'occupait déjà depuis dix ans de la correction du catalogue de Wollaston. Une fausse indication de ce catalogue appela l'attention de l'observateur sur une certaine région du ciel, dont il examina minutieusement les plus imperceptibles étoiles. L'une d'elles, dont la position fut déterminée le 1er janvier 1801, s'était déplacée sensiblement dès le lendemain, et plus encore dans les nuits suivantes. Piazzi la prit d'abord pour une comète, et la suivit jusqu'au 11 février, jour où ses observations furent interrompues par le mauvais temps et la maladie. Dès le 24 janvier, il avait donné connaissance de sa découverte à Bode et Oriani; mais ses lettres n'arrivèrent que deux mois après, lorsque le nouvel astre était perdu dans les rayons du Soleil. Bode ne put le retrouver, mais il resta convaincu que c'était là la planète inconnue; Piazzi se rangea à cette opinion et donna le nom de Cérès à l'objet de sa découverte.

Un problème tout nouveau en astronomie se présentait aux géomètres : déterminer l'orbite d'une planète d'après six semaines d'observations. Beaucoup d'essais furent tentés et conduisirent à des résultats peu concordants. L'illustre Gauss, alors à peine connu, parvint à la solution par des méthodes qui lui étaient propres, et c'est en prenant ce travail pour base de ses recherches qu'Olbers retrouva la planète, le 1er janvier 1802, un an, jour pour jour, après sa première découverte. Dès lors, Cérès prit son rang définitif dans notre système, à peu près à la distance du Soleil marquée par la loi de Bode, et la lacune signalée par Képler se trouva remplie.

En construisant des cartes spéciales destinées à faciliter pour l'avenir la recherche de Cérès sur la sphère céleste, Olbers aperçut, le 28 mars 1802, une étoile non cataloguée; il la suivit pendant quelques jours, et reconnut, à son mouvement propre, une seconde planète située à la même distance du Soleil que la première, mais suivant une orbite toute différente. C'était plus que n'en demandaient les astronomes, et Pallas fut accueillie avec moins d'empressement que Cérès. Quelques savants allèrent jusqu'à lui refuser le rang de planète, et, en effet, la grande excentricité et l'inclinaison extraordinaire de son orbite l'assimilaient aux comètes, dont elle semblait se rapprocher encore par les apparences vaporeuses que lui donnaient les télescopes imparfaits de Schrœter.

Quant à Olbers, il considéra les deux astres comme deux fragments d'une planète plus considérable, qu'une cause quelconque aurait brisée en éclats. Dans cette hypothèse, en effet, il résultait des lois de la mécanique, que tous les astéroïdes projetés, tout en décrivant des orbites d'excentricités et d'inclinaisons fort différentes, avaient dû se maintenir à la même distance moyenne du soleil, et devaient, en outre, à chacune de leurs révolutions, repasser par le point de l'espace où la catastrophe avait eu lieu. Ce point était nécessairement l'un des nœuds des orbites de Cérès et de Pallas, situés, le premier, dans la constellation de la Vierge, le second, dans celle de la Baleine. C'est dans ces deux régions du ciel que venaient se rencontrer, dans la théorie d'Olbers, les trajectoires des fragments encore inaperçus, et c'était là surtout qu'un examen attentif des étoiles télescopiques pouvait faire espérer de nouvelles découvertes; ces prévisions ne tardèrent pas à se vé-

rifier. Le 2 septembre 1804, Harding aperçut dans la Baleine une troisième planète qu'il nomma Junon; et Vesta, la quatrième et longtemps la dernière, fut trouvée par Olbers lui-même, le 29 mars 1807, dans l'aile septentrionale de la Vierge. Vesta est beaucoup moins éloignée du Soleil que les trois autres astéroïdes. La différence s'élève au quart de sa distance moyenne, c'est-à-dire à vingt millions de lieues, ce qui n'est guère propre à confirmer l'hypothèse d'Olbers. Dans ses oppositions, cette planète se rapproche assez de la terre pour atteindre la 6e grandeur et devenir même visible à l'œil nu; elle doit son nom à la blancheur et à la pureté de son éclat.

III.

A partir de la découverte de Vesta, les recherches des astronomes restèrent longtemps infructueuses, bien que leur attention fût vivement excitée. Il est vrai que Wartmann, à Genève, en 1832, et Cacciatore, à Palerme, en 1835, signalèrent des astres télescopiques doués d'un mouvement propre assez rapide; mais leurs observations, interrompues par le mauvais temps, restèrent trop incomplètes et trop incertaines pour leur permettre de suivre ou de retrouver ces prétendues planètes; ce n'est qu'en 1845, trente-huit ans après la découverte de Vesta, qu'un maître de poste de Berlin, nommé Hencke, qui s'occupait d'astronomie à ses moments perdus, aperçut la cinquième des petites planètes, et lui donna le nom d'Astrée. Deux ans plus tard, il découvrait Hébé, et, à dater de cette époque, les nouveaux astéroïdes se succédèrent si rapidement que leur nombre est aujourd'hui de 70.

Ce n'est pas sans quelque surprise que l'on voit les découvertes de ce genre, après s'être arrêtées pendant plus d'un tiers de siècle, se précipiter, pour ainsi dire, dans le cours de ces dernières années. Cet étonnant succès de l'astronomie contemporaine s'explique, en grande partie, par l'accroissement du nombre des observateurs, et par la construction de cartes plus étendues et plus exactes que celles dont pouvaient disposer nos prédécesseurs. Les cartes de Berlin, en particulier, qui donnent les étoiles des douze premières grandeurs, dans les régions écliptiques, ont rendu les plus grands services aux astronomes, dans ce genre de recherches,

et les cartes plus récentes de l'Observatoire de Paris deviennent déjà d'une grande utilité. Bien rarement, en effet, la découverte d'un astéroïde peut être regardée comme le résultat d'un heureux hasard; ce n'est, le plus souvent, qu'à la suite de veilles laborieuses consacrées à ce but déterminé, qu'un savant parvient, à l'aide d'une comparaison minutieuse et patiente des diverses régions célestes avec les cartes qui les représentent, à constater un désaccord, à découvrir un astre non catalogué, à établir enfin l'existence du mouvement propre qui classe cet astre au rang des planètes. Ajoutons que des atlas suffisamment complets ne sont encore dressés que pour une petite partie du ciel, et que l'explorateur qui veut sortir de cette région privilégiée doit commencer par construire une carte spéciale du pays qu'il se propose de parcourir.

Les insuccès d'Olbers, dans ses dix dernières années de recherches, tiennent surtout à ce que son examen ne portait pas sur les étoiles inférieures à la huitième grandeur. Les planètes découvertes depuis quinze ans, ne s'élèvent guère, à deux ou trois exceptions près, au-dessus de la neuvième grandeur; la plupart d'entre elles sont de la dixième, quelques-unes descendent au-dessous de la douzième. On ne saurait donc trop admirer la sagacité et la prodigieuse patience de quelques volontaires de l'astronomie qui, livrés à leurs propres ressources, loin des grands observatoires, trop souvent privés du secours des cartes les plus exactes, ont néanmoins ajouté des mondes nouveaux à notre système et se sont parfois élevés, par le nombre et l'éclat de leurs découvertes, au niveau des plus illustres astronomes. Parmi ces parvenus de la science, le premier rang appartient à notre compatriote M. Goldschmidt, qui vient, il y a quelques jours, de nous donner sa 14ᵉ planète, la 70ᵉ du groupe; cette année même, la Société astronomique de Londres a mis en relief le mérite de cet infatigable observateur, en lui décernant la médaille d'or, et, pour mieux justifier ce choix, le président de la Société compare, dans son exposé des motifs, la faiblesse des moyens dont M. Goldschmidt pouvait disposer, à la grandeur des résultats qu'il a obtenus. Lutèce, par exemple, la première conquête de notre compatriote, a l'éclat d'une étoile de 9ᵉ à 10ᵉ grandeur; c'est dire que son examen exige la plus grande attention de la part des astronomes qui veulent l'observer, même à l'aide de la grande méridienne de Paris ou de Greenwich. Eh bien!

c'est à une lunette de 23 lignes d'ouverture, à une lunette d'approche, pour ainsi dire, que M. Goldschmidt doit la découverte de cet astre imperceptible. Cette lunette avait pour pied les barreaux d'une chaise, et ne montrait qu'une faible partie du ciel, à travers la lucarne d'un grenier du pays Latin.

Les plus heureux concurrents de M. Goldschmidt, sont : MM. Hind et Luther, qui ont chacun découvert dix planètes. M. de Gasparis en a découvert huit; M. Chacornac, six; M. Pogson, quatre, et M. Ferguson, trois. M. Hencke, comme nous l'avons dit plus haut, en a découvert deux, et c'est à lui que revient l'honneur d'être rentré le premier en lice, après trente-huit ans d'intervalle, et d'avoir, avant tous les autres, pris les cartes de Berlin pour base de ses recherches. M. Tempel vient d'attacher son nom, à quelques jours de distance, à deux de ces petits astres; et enfin, sept astronomes comptent des succès isolés. Ce sont : MM. Graham, Searle, Laurent, Marth, Forster, Tuttle et Schiaparelli. Cette énumération, en y ajoutant les quatre planètes plus anciennes, donne un total de 70 astéroïdes actuellement connus.

IV.

Nous ne quitterons pas ce sujet, sans appeler l'attention de nos lecteurs sur une circonstance très-singulière qui s'y rattache, et qui a été plusieurs fois signalée, en particulier dans ces derniers temps, par la Commission du prix d'astronomie à l'Académie des sciences. La répartition des découvertes des petites planètes entre les quatorze dernières années est fort inégale, et cette inégalité devient bien plus frappante encore, si l'on compare les mois ou les semaines. Souvent, après une année stérile, les astronomes semblent se réveiller, et aperçoivent, en quelques jours, trois ou quatre astéroïdes inconnus; puis ils rentrent dans leur repos, pour en sortir encore, au bout de plusieurs mois, par un nouveau déluge de découvertes. Il suffit, pour se convaincre de ce fait extraordinaire, de jeter un coup d'œil sur la table des découvertes des astéroïdes. On y verra plus d'une nuit heureuse, où la science s'est enrichie de deux de ces petits corps, et des semaines privilégiées qui nous en ont donné quatre. Le 5 octobre 1855, par exemple, M. Luther dé-

couvre Fidès, et M. Goldschmidt Atalante; la nuit du 14 septembre 1860 voit naître Erato à Berlin, Titania aux États-Unis. Déjà les nuits du 9 et du 12 avaient été signalées par d'autres découvertes dues à MM. Goldschmidt et Chacornac. Le 26 avril 1861, Hesperia et Latone se succèdent à deux heures d'intervalle. Le 19 septembre 1857 enfin, par un bonheur inouï dans les annales de l'astronomie, M. Goldschmidt trouve à lui seul, tout près l'une de l'autre, les deux planètes *jumelles*, Palès et Doris. Souvent, c'est le même astre qui est aperçu, dans la même nuit, ou dans des nuits voisines, par deux et quelquefois trois astronomes observant de stations fort éloignées. C'est ainsi que M. de Gasparis pourrait disputer Irène à M. Hind, et Massilia à M. Chacornac. Par une coïncidence plus surprenante encore, le 1er mars 1854, Amphitrite est simultanément découverte par MM. Marth, Chacornac et Pogson, tandis que de son côté, M. Luther découvre Bellone. On trouvera, dans la table, des concordances non moins extraordinaires, aux noms de Lutetia et de Calliope, de Thémis et de Phocéa, de Pomone et de Polymnie, d'Isis et de Daphné. A quelle cause attribuer ces faits trop nombreux pour être fortuits? Jusqu'ici, il faut le reconnaître, les astronomes n'en ont pas donné d'explication satisfaisante; quelques-uns se sont demandé s'il ne fallait pas voir là un indice de formations contemporaines, et de condensations actuelles dans l'anneau cosmique qui gravite entre Mars et Jupiter, et si cette idée ne trouvait pas sa confirmation dans les mystérieux changements des anneaux de Saturne récemment signalés par MM. Bond et Lassell; mais cette hypothèse nous paraît hasardée et peu philosophique.

V.

L'observation des petites planètes est si difficile, et les découvertes sont presque toutes si récentes, que les notions acquises à l'astronomie sur chacun de ces corps en particulier sont encore bien succinctes; il y en a plusieurs dont les éléments sont déterminés avec si peu de certitude et de précision que les différences d'une table à l'autre portent, non-seulement sur les secondes, mais sur les minutes et quelquefois sur les degrés; on pourrait même citer telle planète, Daphné par exemple, dont l'orbite est si mal

connue, que depuis quatre ans et malgré des recherches assidues les astronomes n'ont pu la retrouver. Cependant, les résultats obtenus jusqu'à ce jour suffisent, tout incomplets qu'ils sont, pour nous permettre de grouper les astéroïdes suivant les analogies et les différences qu'ils présentent, de les étudier dans leur ensemble et dans leurs rapports mutuels. Cette étude est fondée, en grande partie, sur l'analyse des tableaux numériques qui terminent cette notice.

Humboldt a classé les planètes en trois familles, d'après leurs caractères naturels. Les quatre planètes *supérieures,* Neptune, Uranus, Saturne et Jupiter, se distinguent par un volume considérable et une faible densité : la durée de leur rotation autour de leur axe est d'environ dix heures, et il en résulte dans ces corps un aplatissement considérable ; enfin, sur les vingt-deux satellites du système solaire, vingt-un appartiennent à leur groupe. Les quatre planètes *inférieures,* Mars, la Terre, Vénus et Mercure, ont au contraire des volumes beaucoup plus petits et des densités beaucoup plus fortes ; elles tournent sur elles-mêmes à peu près en vingt-quatre heures, sont peu aplaties, et enfin ne possèdent à elles quatre qu'un seul satellite, la Lune.

C'est entre ces deux groupes si distincts que gravite la singulière famille des astéroïdes ; leurs orbites, en général plus excentriques et plus inclinées sur l'écliptique que celles des anciennes planètes, leurs volumes très-inférieurs à ceux des plus petits satellites, et surtout leurs distances moyennes au Soleil, constamment intermédiaires entre celles de Mars et de Jupiter, font évidemment de ces petits corps une famille planétaire très-différente des deux autres, et semblent même devoir les rattacher tous à une origine commune. Telle avait été, nous l'avons dit, la première idée d'Olbers, dès qu'il eut aperçu Pallas, et, bien que l'hypothèse de cet astronome dût paraître moins probable depuis la découverte de Vesta, les géomètres l'ont jugée assez digne d'attention pour la soumettre au calcul. On trouve dans la *Connaissance des Temps pour 1814,* un curieux mémoire, dans lequel Lagrange établit qu'en tenant compte de la vitesse de translation de la planète primitive, et en considérant les 34 degrés d'inclinaison de l'orbite de Pallas comme l'inclinaison maximum des orbites nouvelles de chaque fragment, il aurait suffi d'une force capable d'imprimer à ces

fragments une vitesse égale à vingt fois celle d'un boulet de 24, pour que chacun d'eux parcourût une orbite elliptique autour du Soleil, l'intersection commune des nouveaux plans passant au point même où l'explosion aurait eu lieu. Un géomètre n'entreprendrait pas aujourd'hui ce calcul; car un examen, même rapide, des moyennes distances des 70 astéroïdes que nous connaissons, ne permet plus de croire que les 70 orbites aient jamais pu passer par un même point. Ces moyennes distances, en effet, que l'on trouvera exprimées en rayons de l'orbite terrestre dans l'une des colonnes de nos tableaux, varient entre le nombre 2,20 pour Flore ou Harmonie, et 3,45 pour Maximiliana, l'une des planètes tout dernièrement découvertes. Cette différence considérable correspond environ à cinquante millions de lieues de quatre kilomètres. Que seraitce, si nous comparions les distances extrêmes? Nous verrions Phocéa et Melpomène s'approcher du Soleil jusqu'à 1,79 rayons de l'orbite terrestre, tandis qu'Euphrosyne et Maximiliana s'éloignent de cet astre à des distances marquées par 3,83 et 3,93. Ce que l'on appelle encore aujourd'hui la *Zone* des petites planètes, s'étend donc sur une largeur de quatre-vingt-dix millions de lieues, c'est-à-dire sur un espace supérieur à la distance du Soleil au bord inférieur de cette zone. La zone des planètes intérieures est deux fois plus étroite, et il n'y a pas, par conséquent, plus de raisons pour regarder les astéroïdes comme des fragments résultant de l'explosion d'une planète unique, qu'il n'y en aurait pour rattacher à une origine pareille Mars, la Terre, Vénus et Mercure. C'est en vain que l'on voudrait s'appuyer sur les grandes excentricités des orbites pour chercher si, malgré les différences de leurs grands axes, elles ne présenteraient pas quelques points assez voisins pour laisser une certaine vraisemblance à l'hypothèse d'Olbers. On trouvera vingt-cinq millions de lieues pour la plus petite distance des orbites d'Harmonie et de Doris, trente millions pour Mnémosyne et Flore, quarante-cinq millions pour Maximiliana et Ariane. Il est vrai que les nœuds et les apsides se déplacent, et, malgré la lenteur de ces déplacements, il est possible que, quelques milliers de siècles avant l'époque actuelle, les orbites, dans une autre situation relative, aient eu des points plus rapprochés qu'aujourd'hui. Mais, on aura beau remonter le cours des siècles, ou même modifier arbitrairement les positions des plans où se meuvent les astéroïdes, on trouvera

toujours des distances *minima* d'au moins quinze millions de lieues, puisque l'aphélie de Némausa, par exemple, n'est qu'à 2,52 unités de distance du Soleil, tandis que la distance périhélie de Mnémosyne est marquée par 2,82, et celle de Maximiliana par 2,96. On ne peut admettre que les perturbations du système planétaire aient suffi à produire de tels écarts, et l'on voit que l'hypothèse d'Olbers est absolument inconciliable avec les données que nous possédons aujourd'hui sur les astéroïdes. Est-il pour cela nécessaire de renoncer à l'idée d'une origine commune? non; car, si l'on admet, avec Laplace, que les planètes ont été formées par la condensation d'anneaux de vapeur successivement abandonnés par le Soleil dans son refroidissement, il suffit, pour expliquer la coexistence de tous les astéroïdes entre Mars et Jupiter, de supposer qu'il y ait eu, dans l'un des anneaux, plusieurs centres simultanés d'attraction, et l'on doit reconnaître, avec M. Le Verrier, que la difficulté n'est pas de se rendre compte de cette exception, mais au contraire de comprendre comment elle n'est pas devenue la règle.

VI.

Si jamais la science parvient à résoudre ces questions délicates, ce sera sans doute en prenant pour base les rapports de forme et de position des divers orbes planétaires. Ce que l'on doit se proposer aujourd'hui, c'est moins d'ébaucher le travail, que de chercher de quel côté l'avenir peut réserver une découverte aux astronomes. Il faut pour cela voir si la comparaison des éléments analogues révèle l'existence de quelque loi remarquable.

Distances au Soleil et à la Terre.

Ajoutons à ce que nous venons de dire à ce sujet, en discutant l'hypothèse d'Olbers, que la moyenne de toutes les distances des 70 astéroïdes au soleil est de 2,645 rayons de l'orbite terrestre, ou environ 105 millions de lieues; c'est à très-peu près la distance de Fidès; elle est moindre que celles de Cérès et de Pallas, qui répondaient mieux à la loi de Bode. Sur 70 orbites, 38 ont des grands

axes au-dessous de la moyenne, et 32 au-dessus; cette inégalité s'explique; car, la difficulté des découvertes augmentant à mesure que l'on s'éloigne du Soleil, les planètes connues doivent être d'autant plus serrées les unes contre les autres, qu'elles sont plus voisines de cet astre. Il est à présumer, pour la même raison, que la moyenne réelle est supérieure à celle que nous avons trouvée; car il est douteux que les instruments actuels puissent amener la découverte d'un astéroïde dont la distance périhélie serait supérieure à 3.

Les distances des petites planètes à la Terre varient entre des limites très-étendues, qui peuvent aller de 1 à 5 rayons de l'orbite terrestre. Le plus grand rapprochement a évidemment lieu à l'instant de l'opposition de l'astre; la distance est alors de 0,8 environ pour Phocéa, Melpomène, Iris et Flore; elle s'élève à 1,8 pour Mnémosyne et à 1,9 pour Maximiliana. Ce n'est guère qu'à cette époque que la découverte et même l'observation d'un de ces petits corps devient possible. Aussi doit-on alors se hâter de calculer ses éléments, si on veut le retrouver sur le ciel, après une absence de quelques mois. Lorsque le calcul est fondé sur des observations imparfaites ou trop rapprochées, il arrive parfois que la planète s'égare (1). Le plus souvent, des observations ultérieures permettent de rectifier les erreurs d'un premier résultat : c'est ainsi qu'on avait cru d'abord que Nysa devait couper l'orbite de Mars, tandis qu'elle est toujours à 15 millions de lieues au moins au-dessus de cette planète. Nemausa promettait mieux encore; M. Valz avait annoncé qu'elle passait à 8 millions de lieues de la Terre, et qu'un jour même elle pourrait s'approcher de nous jusqu'à moins de 3 millions de lieues. Les astronomes ont dû renoncer à cet espoir, et cela à leur grand regret; car les oppositions de ce petit astre leur auraient fourni un excellent moyen de déterminer la distance de la Terre au Soleil, base si essentielle et si mal connue de toutes les dimensions que nous attribuons au système solaire.

(1) Cela est arrivé pour Daphné. Malgré des recherches assidues, et le travail le plus pénible, M. Goldschmidt n'a pu retrouver cette planète; mais, chemin faisant, il a découvert Pseudo-Daphné. Cette dernière, perdue à son tour, vient d'être retrouvée, le 27 août 1861, par M. Goldschmidt, après trois mois de sondage du ciel.

Durées des révolutions sidérales et des révolutions synodiques des Astéroïdes.

On sait que la révolution sidérale d'une planète dépend, par la 3e loi de Képler, de la longueur du demi grand axe de son orbite; le nombre 2,645 que nous avons trouvé pour la planète moyenne répond à un moyen mouvement héliocentrique de 824",8, et à une révolution sidérale de 1571 jours, c'est à dire de 4 ans $^1/_2$ environ; les révolutions les plus courtes sont celles de Flore (1192^j 9) et d'Ariane (1197^j 7); les plus longues sont celles d'Euphrosyne (2048^j) et de Maximiliana (2343^j, ou plus de six ans). On voit que ces nombres varient du simple au double. Quelques planètes présentent deux à deux ou trois à trois des longueurs d'années presque identiques; ainsi, entre Métis (1346^j 31) et Iris (1346^j 46), la différence n'est que de 3^h $^1/_2$: elle s'élève à un jour entre Asia (1551^j) et Pseudo-Daphné (1552^j). On remarquera aussi Pandore (1683^j 18), Pallas (1683^j 86) et Lætitia (1684^j 8). Ajoutons que ces nombres sont loin d'être définitifs. Nous avons adopté les tables de M. Mædler, qui inscrit les noms des calculateurs à côté des résultats qu'ils ont obtenus; si l'on préférait un autre catalogue, par exemple, celui de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes,* ces rapprochements disparaîtraient peut-être, mais on en trouverait d'autres tout aussi remarquables. Il est à désirer, d'après cela, que l'attention des astronomes se porte de préférence sur ceux des astéroïdes dont les révolutions présentent, dans leur durée, de petites différences : peut-être ces différences diminueront-elles encore par un calcul plus rigoureux des éléments; dans tous les cas, lorsque la suite des temps aura amené en conjonction héliocentrique deux planètes décrivant leurs orbites dans le même nombre de jours, leur voisinage prolongé compensera sans doute la faiblesse de leurs masses, et il devra en résulter des perturbations d'une nature singulière, peut-être une libration qui ramènera leurs années moyennes à une parfaite identité.

La révolution synodique d'un astéroïde est évidemment d'autant plus longue que son mouvement moyen est plus rapide. Aussi Flore ou Ariane ne reviennent-elles que neuf fois en treize ans en opposi-

tion, tandis qu'Euphrosyne ou Maximiliana y reviennent neuf fois en onze ans.

Excentricités. — Les orbites des astéroïdes sont en général beaucoup plus excentriques que celles des anciennes planètes. Les plus faibles excentricités, (0,040) pour Concordia, (0,046) pour Harmonie, sont trois fois plus grandes que celles de la Terre : les plus fortes (0,338) pour Polymnie, (0,320) pour Asia, sont presque égales à celle de la comète de Faye. Enfin, sur les 70 orbites connues aujourd'hui, 18 sont plus excentriques que l'orbite de Mercure (0,2056), 8 le sont moins que l'orbite de Mars (0,096), et les autres ont des excentricités intermédiaires. Il résulte de là, que, si les petites planètes ont, comme les grandes, un mouvement diurne autour d'un axe plus ou moins incliné sur le plan de leur orbite, les durées des saisons doivent y être fort inégales, et les températures, pour l'un des hémisphères, beaucoup plus extrêmes que sur la Terre. Polymnie, par exemple, est deux fois plus voisine du Soleil au périhélie qu'à l'aphélie; la chaleur et la lumière qui tombent sur la totalité de sa surface varient donc dans le rapport de 4 à 1 : le diamètre apparent du Soleil y est au maximum de 8′27″, et au minimum de 4′11″, tandis que, pour la Terre, les nombres extrêmes ne diffèrent que de $^1/_{30}$ de leur valeur. Il résulte de là que, si l'équateur de Polymnie n'est pas très-incliné sur son orbite, les saisons y dépendent surtout des distances au Soleil, ce qui détermine l'hiver ou l'été, pour tous les points de la planète en même temps.

VII.

Distribution des points remarquables des orbites sur la sphère céleste.

Il suffit de jeter un coup-d'œil sur les colonnes où sont inscrites les longitudes des périhélies, ou celles des nœuds ascendants, pour voir que ces longitudes ne sont pas réparties d'une manière uniforme entre 0° et 360°. Les astronomes ne connaissaient encore que douze à quinze astéroïdes, que déjà ils avaient fait cette remarque; elle est confirmée par les découvertes ultérieures, et c'est là un fait très-digne d'attention, à cause des conséquences qu'on pourra peut-être en tirer un jour relativement à l'origine et à la formation des planètes. Malheureusement, la loi du phénomène ne

paraît pas facile à saisir, et il n'y a là rien de surprenant. Car, d'une part, les périhélies et les nœuds se déplacent constamment; de l'autre, le plan de l'écliptique, mobile lui-même, est sans importance dans l'ensemble général du système solaire. Il était donc naturel de chercher si l'on n'arriverait pas à une convergence plus marquée, en substituant aux lignes des nœuds des orbites planétaires, les intersections de ces orbites avec un plan fondamental tel que le plan invariable du système solaire, ou bien l'équateur même du Soleil. A l'époque où MM. Mædler, Cooper, d'Arrest, etc., ont entrepris ces recherches, et d'autres du même genre, ils opéraient à peine sur la moitié des planètes aujourd'hui connues, et ils n'ont pas suivi d'ailleurs une méthode uniforme. M. Burat et moi, nous avons repris tous les calculs de ces astronomes, en adoptant les nombres qui nous ont paru les plus dignes de confiance, tant pour les éléments des astéroïdes que pour la détermination de l'équateur solaire ou du plan invariable. Nous nous sommes, en outre, conformés à une règle constante pour la recherche du *Centre de convergence* d'un système de lignes de même espèce. Cette règle simple et naturelle consiste à regarder ces lignes comme autant de forces égales, et à chercher la direction de leur résultante. Le même calcul donne aussi la grandeur de cette résultante, grandeur évidemment d'autant plus considérable que la convergence est plus marquée : nous appelons, pour cette raison, *Coëfficient de convergence,* le quotient de la résultante totale par la somme des composantes.

Convergence des périhélies. — La règle que nous venons d'indiquer nous donne 47° 20′ pour la longitude des périhélies sur la sphère céleste, et 0,255 pour coëfficient de convergence; l'hémisphère qui a pour pôle le point ainsi déterminé, comprend les périhélies de 46 astéroïdes ayant une excentricité moyenne marquée par 0,168; l'hémisphère opposé ne contient que 24 périhélies, et l'excentricité moyenne des orbites correspondantes est seulement de 0,137. Le centre de convergence déterminé par M. Mædler pour les 58 premiers astéroïdes, avait pour longitude 52° 25′, et se rapprochait, par conséquent, beaucoup plus que le nôtre du groupe des Pleïades, où M. Mædler place, comme on sait, le centre de l'immense orbite décrite dans l'espace par le Soleil suivi de son cortége de planètes.

Convergence des nœuds ascendants. — Le point de convergence des 70 nœuds ascendants, sur le plan de l'écliptique, a pour longitude 135°53′, et le coëfficient de convergence est de 0,256, à peu près comme pour les périhélies. 46 nœuds ascendants se trouvent dans l'hémisphère qui a pour pôle le centre de convergence, et 24 dans l'hémisphère opposé. Le rapport de ces deux nombres est le même que pour les périhélies, et nous rappellerons, à ce propos, une remarque singulière que M. Cooper a déjà faite il y a quelques années : c'est que, si l'on considère les 10, 20, 30, 40 ou 50 premières planètes connues, on trouve toujours, à une unité près, le même nombre de périhélies et de nœuds ascendants dans les hémisphères respectifs où ces points ont leurs centres de convergence.

L'inégalité de répartition des nœuds ascendants sur la sphère céleste est encore plus marquée lorsqu'on prend des subdivisions angulaires inférieures à 90°. Si l'on partage, par exemple, l'écliptique en six arcs de 60°, à partir du 5ᵉ degré de longitude, on trouve :

De 5 à 65°.......	10	nœuds ascendants;
De 65 à 125°.......	12	—
De 125 à 185°.......	23	—
De 185 à 245°.......	10	—
De 245 à 305°.......	6	—
De 305 à 5°.......	9	—

La table générale laisse entrevoir, en outre, indépendamment de la prédominance des nœuds dans une partie du ciel, une disposition générale de ces nœuds en groupes particuliers isolés les uns des autres, par exemple vers le 8ᵉ degré de longitude, le 43ᵉ, le 68ᵉ, le 80ᵉ, etc.

On peut se demander, avons-nous dit, si l'on n'obtiendrait pas une loi de répartition plus nette en substituant au plan de l'écliptique le plan invariable ou le plan de l'équateur solaire; nous avons fait ce double calcul pour chacune des 70 planètes, en commençant par déterminer la position du plan invariable avec toute l'exactitude possible, c'est-à-dire en tenant compte, d'après les remarques de Poinsot, des aires qui proviennent de la rotation du Soleil et des grosses planètes. Ce plan, dont les éléments diffèrent peu de ceux qu'avait adoptés Laplace, n'est incliné que de 1°41′

environ sur l'écliptique. Il en résulte que les nœuds se groupent sensiblement de la même manière sur ces deux plans, et que la considération du plan invariable ne jette sur la question aucune clarté nouvelle.

Il semble en être tout autrement, au premier abord, du plan de l'équateur solaire. Dès le commencement du siècle dernier *(Mémoires de l'Académie des sciences pour 1734)*, Cassini avait reconnu que les intersections de l'équateur du Soleil avec les orbites de Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne se groupaient sur un arc de moins de 25 degrés d'étendue. En 1851, M. d'Arrest a fait un calcul analogue pour les 13 premiers astéroïdes, et il a trouvé que, malgré un écart moyen plus considérable des nœuds ascendants sur l'équateur solaire, 11 de ces nœuds sur 13 étaient situés dans le même hémisphère que les nœuds des anciennes planètes. Nous avons repris et complété le travail, tant pour les 8 grandes planètes aujourd'hui connues que pour les 70 astéroïdes, et voici les résultats auxquels nous sommes parvenus, en adoptant pour la position de l'équateur solaire, les nombres donnés par M. Laugier :

Longitude du nœud ascendant de l'équateur solaire sur l'écliptique........ 75° 8'
Inclinaison........ 7° 9'

	Pour les grandes planètes.	Pour les petites planètes.
Arc de l'équateur solaire compté du nœud ascendant de cet équateur sur l'écliptique au centre de convergence..........	184° 9'	164° 56'
Coefficient de convergence..........	0,904	0,624

Ces coefficients sont, comme on voit, beaucoup plus considérables que ceux que nous avons trouvés plus haut. En outre, sur 70 nœuds ascendants, 62 sont situés dans le même hémisphère que le centre de convergence, et 8 seulement dans l'hémisphère opposé. Mais, malgré la singularité apparente de ce résultat, un peu de réflexion suffit pour en diminuer considérablement l'importance; car il est dû, en grande partie, à ce que les orbites planétaires sont en général beaucoup moins inclinées les unes sur les autres que sur l'équateur du Soleil. On voit en effet sans peine, *à priori,* que des plans très-voisins doivent couper, suivant des lignes très-rapprochées, un autre plan qui fait avec chacun d'eux

un angle de quelques degrés. Les mêmes considérations expliquent pourquoi la convergence est plus marquée pour les grandes planètes que pour les petites. Il faut donc reconnaître que ce phénomène n'a pas l'importance que lui ont attribué Cassini et quelques astronomes modernes; mais le calcul dont nous venons de donner les résultats n'en est pas moins utile pour fixer, mieux que ne pourraient le faire les nœuds sur l'écliptique, la position dans l'espace de l'*orbite moyenne* des astéroïdes dont les masses seraient considérées comme égales. On peut, avec M. d'Arrest, regarder comme plan de l'orbite moyenne le plan qui coupe l'équateur solaire suivant la ligne de convergence, sous une inclinaison égale à la moyenne des inclinaisons de tous les astéroïdes, c'est-à-dire sous un angle de 9° 58′. Sans doute, la position ainsi déterminée n'a rien d'absolu, et change légèrement à chaque découverte nouvelle. Mais comme on trouve des résultats peu différents, lorsqu'on fait le calcul en se bornant successivement aux 30, 40 ou 60 premiers astéroïdes connus, on est en droit d'en conclure que ces résultats sont assez rapprochés de celui que donnerait l'ensemble des petites planètes, si toutes étaient découvertes.

Relation entre les excentricités et les inclinaisons des orbites.

M. d'Arrest, tout en remarquant qu'une forte inclinaison n'est pas toujours accompagnée d'une grande excentricité, et que la considération individuelle des orbites ne conduit à aucune relation entre ces deux éléments, a cru voir néanmoins que si l'on groupait convenablement ces orbites dans l'ordre de leurs inclinaisons à l'équateur solaire, la moyenne des inclinaisons, pour chaque groupe, croissait avec la moyenne des excentricités; il est même arrivé, pour les treize premières planètes groupées quatre à quatre et trois à trois, à la formule empirique suivante, dans laquelle i exprime l'inclinaison moyenne, et e l'excentricité moyenne de chaque groupe.

$$e = 0{,}0851 + 0{,}0068\, i.$$

M. Littrow, qui a donné cette formule dans son astronomie (1854), ajoutait qu'elle serait probablement confirmée par les découvertes

de nouveaux astéroïdes. Les résultats que nous avons obtenus ne sont pas d'accord avec cette prévision. De quelque manière que l'on groupe les orbites, il est impossible de saisir aucune loi pour les inclinaisons inférieures à 12 ou 13 degrés. La seule remarque qui reste vraie, c'est que les orbites très-inclinées sur l'équateur solaire, sont aussi en général très-excentriques; mais comme d'un autre côté, ces orbites sont très-inclinées sur l'écliptique en même temps que sur l'équateur solaire, on voit qu'il n'y a rien, dans la remarque précédente, qui soit spécialement relatif à ce dernier plan. Encore doit-on signaler des exceptions à la règle; par exemple, la plus excentrique de toutes les orbites, celle de Polymnie, ne fait qu'un angle de deux degrés avec l'écliptique et de six degrés avec l'équateur solaire, tandis que l'orbite d'Égérie joint à des inclinaisons de 16 et 11 degrés sur ces mêmes plans, une excentricité de 0,089 seulement.

VIII.

Entrelacement des orbites et approches des petites planètes.

Si l'on compare deux à deux les positions des orbites des astéroïdes, on voit que rarement l'une d'elles est complétement enveloppée par l'autre; le plus souvent, elles s'entrelacent à la manière des anneaux d'une chaîne. M. d'Arrest a remarqué le premier que si l'on représentait toutes les orbites sous la forme de cerceaux matériels, ces cerceaux seraient tellement entrelacés que l'on pourrait à l'aide de l'un d'eux soulever tous les autres. Lorsqu'on ne connaissait encore que 13 petites planètes, elles semblaient former deux groupes séparés entre lesquels la planète Iris servait de trait-d'union; aujourd'hui, l'on ne pourrait remarquer rien de pareil.

M. Littrow, le savant directeur de l'observatoire de Vienne, s'est particulièrement occupé de la recherche des *conjonctions physiques* qui pourraient, d'ici à la fin du siècle, amener entre les astéroïdes des rapprochements remarquables. Le problème se compose de deux parties : 1° trouver la ligne la plus courte que l'on puisse mener entre deux orbites; 2° rechercher l'époque où les planètes qui se meuvent sur ces orbites viendront passer à peu près simultanément aux deux extrémités de cette ligne. La première

partie du problème est la plus importante et la plus difficile. M. Littrow l'a traitée par une méthode graphique qui consiste à chercher l'intersection et l'inclinaison mutuelle des deux orbites dont on s'occupe, à faire le tracé des deux courbes, à prendre le plan de l'une d'elles pour plan de projection, et à relever l'autre par les procédés de la géométrie descriptive. L'astronome de Vienne a ainsi trouvé pour les 42 orbites soumises à la discussion, 548 distances mutuelles inférieures à la dixième partie du rayon de l'orbite terrestre, c'est-à-dire à quatre millions de lieues. Dans plus de quatre-vingts cas, les éléments des orbites sont si complétement différents qu'on ne pourrait prévoir entre ces courbes un rapprochement remarquable, et cependant, la méthode graphique dont nous avons parlé les amène presque à intersection. On compte cent huit cas de rapprochements doubles; quelquefois, deux orbites restent très-voisines dans une grande partie de leur contour; c'est ainsi que, sur une étendue de 192 degrés, les orbites de Massalia et d'Euterpe ne s'écartent jamais de plus d'un dixième du demi-grand axe de l'orbite terrestre. Les rapprochements une fois indiqués par la méthode graphique, on peut les déterminer plus exactement, à l'aide du calcul, et il est facile ensuite de chercher l'époque où deux planètes doivent passer à la fois par les points les plus voisins de leurs orbites respectives. M. Littrow a trouvé ainsi que les 42 planètes considérées donneraient lieu, dans la période décennale 1858-1867, à dix-huit *conjonctions physiques* sur lesquelles il a appelé l'attention des astronomes. On conçoit que le nombre de ces conjonctions augmente suivant une loi beaucoup plus rapide que le nombre des planètes nouvelles, de sorte que si l'on refaisait le calcul pour les 70 planètes aujourd'hui connues, on trouverait sans doute beaucoup d'autres rapprochements du même genre; mais c'est là un travail long et pénible, et qui d'ailleurs ne peut donner des résultats définitifs tant qu'il restera des astéroïdes à découvrir. Il y a cependant des cas où la recherche des conjonctions physiques ne demande qu'une construction graphique extrêmement simple; c'est le cas où les deux orbites considérées ont à peu près même ligne des nœuds et même inclinaison sur l'écliptique. Nous signalerons tout particulièrement les orbites de Fidès et de Maïa; leurs éléments présentent moins de différence qu'il n'en existe souvent entre les éléments d'une même planète

donnés par des calculateurs différents. C'est ce que montre la comparaison des deux tableaux suivants :

	Fidès.	Maïa.
Longitude du nœud ascendant..	8° 12'	8° 12'
Inclinaison..................	3° 7'	3° 5'
Demi grand axe...............	2,642	2,654
Excentricité.................	0,174	0,155
Longitude du périhélie.........	65° 7'	43° 54'

Si l'on néglige l'inclinaison mutuelle des deux orbites, qui n'est que de deux minutes, on peut tracer ces deux orbites sur le même plan, et l'on trouve ainsi deux points d'intersection dont l'un coïncide presque avec le périhélie de Maïa. La distance entre les deux courbes ne s'élève, en aucun point, au-dessus du vingtième du rayon de l'orbite terrestre. A l'époque actuelle, les longitudes moyennes des deux planètes diffèrent d'environ 40 degrés ; mais cette différence diminue constamment, quoique avec lenteur. Lorsqu'elle aura disparu, les deux planètes, malgré leur faible masse et en raison de leur continuel voisinage, exerceront l'une sur l'autre une action peut-être assez considérable pour se réunir en un seul corps, ou pour tourner, comme les composantes d'une étoile double, autour de leur centre commun de gravité.

IX.

Aspect, constitution physique et grandeur réelle des Astéroïdes.

Schrœter s'est particulièrement occupé, au commencement de ce siècle, de l'étude télescopique des quatre planètes Cérès, Pallas, Junon et Vesta. Le soin que cet astronome apportait à ses observations donnait une grande importance aux résultats de ses travaux. Aussi ces résultats ont-ils été longtemps admis sans contestation, et les trouve-t-on reproduits dans les traités français les plus récents, bien que, pour la plupart, ils aient été démontrés inexacts, depuis un certain nombre d'années. Ainsi, Schrœter avait déduit, de mesures très-multipliées, les diamètres apparents des quatre planètes, et il en concluait que la plus grande d'entre elles, Pallas, avait presque la grandeur de la Lune. William Herschel, de son côté, trouvait des nombres bien inférieurs, et cependant ces

nombres étaient encore trop forts, à cause des effets de l'irradiation. C'est ce qui résulte d'observations faites, dans des circonstances exceptionnellement favorables, par MM. Mædler et Lamont, à l'aide des excellents réfracteurs de Dorpat et de Munich. Lors de l'opposition de 1836, M. Lamont a trouvé 0″51 pour le diamètre angulaire de Pallas, à la distance moyenne 2,77, ce qui donne environ 250 lieues pour le diamètre réel de la planète. En avril et mai 1847, M. Mædler a trouvé de même une centaine de lieues pour le diamètre de Vesta. C'est pareillement aux effets de l'irradiation qu'il faut rapporter la cause des apparences vaporeuses que prenaient Cérès et Pallas dans le télescope de Schrœter, apparences si marquées que l'astronome de Lilienthal attribuait à ces planètes des atmosphères de 200 lieues de hauteur. Le grand réfracteur de Dorpat montre le disque de Pallas aussi net que celui de Vesta, et ainsi s'évanouit l'une des analogies que l'on a le plus souvent signalées entre les comètes et les astéroïdes.

L'existence d'une atmosphère très-considérable et très-tourmentée aurait suffi, d'après Schrœter, à expliquer les remarquables variations que cet astronome avait constatées, d'un jour à l'autre, dans l'éclat de Pallas ou de Cérès. Il faut aujourd'hui chercher ailleurs la cause de ce phénomène, dont la réalité a été du reste confirmée par les observations modernes. Il est probable que les astéroïdes, par l'effet de leur mouvement diurne, nous présentent successivement des régions inégalement propres à réfléchir la lumière du Soleil. Mais des différences de cette nature ne rendent pas suffisamment compte, d'après M. Littrow, de la rapidité et de l'étendue des variations observées, et surtout de l'éclat véritablement stellaire dont brille parfois la planète Vesta, alors même que son disque n'a pas de dimensions appréciables. L'astronome de Vienne croit que les astéroïdes ont des formes irrégulières ou polyédriques, et qu'ils tournent parfois vers nous des facettes brillantes comme celles d'un diamant, ou peut-être même douées d'une lumière propre. Quoi qu'il en soit, ces variations d'éclat se retrouvent sur plusieurs des astéroïdes découverts depuis quinze ans. Par exemple, M. Goldschmidt a observé que, le 26 janvier 1858, Palès était invisible dans un télescope qui montrait des étoiles de douzième grandeur, tandis que, le 2 février suivant, cette même planète égalait en éclat les étoiles voisines de onzième grandeur.

Nous venons de voir que les tentatives de Schrœter, d'Herschel, de MM. Lamont et Mædler, pour mesurer directement les diamètres de Pallas, Cérès ou Vesta avaient donné des résultats peu concordants. On n'a même pas essayé de telles mesures pour les autres astéroïdes, mais on est parvenu, par des considérations indirectes, à évaluer approximativement les dimensions réelles de chacun d'eux. En effet, la *grandeur* dans laquelle vient se classer un astre qui brille d'une lumière réfléchie, dépend évidemment de *la distance de cet astre au Soleil*, de *sa distance à la Terre*, de *son diamètre réel* et du *pouvoir réflecteur* (albedo) de sa surface. Quatre de ces quantités étant données, on peut trouver la cinquième. Pour les anciennes planètes, l'*albedo* seule est inconnue; car la grandeur de chacune d'elles s'exprime facilement en nombres, en prenant pour bases les mesures photométriques de MM. Steinheil et Seidel. On trouve ainsi que l'*albedo* est à peu près la même dans Saturne, Jupiter, Vénus et Mercure; un peu inférieure dans Mars, à cause de la couleur rouge de cet astre. Comme, d'ailleurs, les astéroïdes ont en général la teinte blanche des quatre premières planètes, on voit qu'il est permis de leur supposer aussi le même pouvoir réflecteur. Dès-lors, le diamètre réel de ces petits corps restera la seule inconnue.

Cela posé, il résulte des travaux de M. Seidel que la *grandeur* d'un astre augmente d'une unité lorsque sa distance à la terre croît dans le rapport de 1 à 1,6. De là, M. Argelander a déduit une formule très-simple.

Soient :

$b = 1,6$;
a, le demi grand axe de l'orbite d'une planète;
r, la distance moyenne de cette planète au soleil;
Δ, — — — à la terre;
M, la *grandeur* de l'astre pour $r = a$ et $\Delta = a - 1$;
m, — — $r = r_0$ et $\Delta = \Delta_0$;
d, le diamètre réel exprimé en lieues de 4 kilomètres.

On aura :

$$\log. d = 2,7913 - m \log. b + \log. r_0 + \log. \Delta_0,$$
$$= 2,7913 - \text{M} \log. b + \log a + \log. (a-1).$$

Cette formule donne le tableau suivant pour les *grandeurs* de 50 astéroïdes, et pour leurs diamètres réels :

NOMS.	M	d	NOMS.	M	d
		Lieues.			Lieues.
Vesta	6,5	105	*Euterpe*	10,2	15
Cérès	7,4	89	*Bellone*	10,3	24
Pallas	8,2	61	*Lutetia*	10,3	16
Iris	8,3	39	*Phocéa*	10,5	14
Hébé	8,4	39	*Thétis*	10,6	15
Eunomia	8,5	46	*Fidès*	10,7	18
Lætitia	8,6	49	*Nysa*	10,7	17
Flore	8,8	25	*Thalie*	10,7	16
Junon	8,9	42	*Calliope*	10,8	20
Métis	8,9	30	*Palès*	10,8	18
Harmonie	9,1	40	*Proserpine*	10,8	16
Amphitrite	9,1	33	*Léda*	10,9	15
Massilia	9,1	27	*Isis*	10,9	10
Parthénope	9,4	25	*Pomone*	11,0	13
Melpomène	9,4	21	*Euphrosine*	11.3	20
Egérie	9,4	28	*Polymnie*	11,3	14
Hygie	9,5	45	*Doris*	11,4	21
Fortuna	9,5	24	*Aglaé*	11,4	15
Irène	9,6	27	*Circé*	11,5	9
Uranie	9,7	20	*Eugénie*	11,6	11
Psyché	9,8	86	*Thémis*	12,1	14
Astrée	9,8	24	*Leucothée*	12,1	9
Victoria	10,0	21	*Virginie*	12,4	8
Ariane	10,0	14	*Hestia*	12,5	6
Daphné	10,2	17	*Atalante*	12,9	8

On remarquera que ce calcul donne à peu près le même nombre que les mesures directes pour le diamètre de Vesta, mais un nombre beaucoup moindre pour le diamètre de Pallas. On sera frappé aussi de l'extrême petitesse de quelques astéroïdes, tels que Hestia, Virginie, Atalante, Circé, Leucothée, etc., qui ont à peine trois ou quatre lieues de rayon, et dont la surface est inférieure à celle d'un de nos plus petits départements. Un bon marcheur ferait dans une journée le tour d'un de ces globes microscopiques. A densité égale, la pesanteur à sa surface serait trois ou quatre fois moindre que sur la terre. Enfin, si l'on s'en rapporte au tableau précédent, on trouve que les volumes réunis des 50 planètes que nous venons d'énumérer ne donneraient guère que la deux-centième partie du volume de notre satellite.

X.

Perturbations des astéroïdes, etc.

La recherche des perturbations des astéroïdes est à peine ébauchée; l'extrême difficulté de ce problème tient, d'une part, au petit nombre d'observations dont les astronomes peuvent disposer, et de l'autre, à la grandeur des inclinaisons et des excentricités des orbites. Aussi, comme nous l'avons dit plus haut, y a-t-il plusieurs de ces orbites dont les éléments sont encore aujourd'hui très-inexactement connus. Une détermination plus rigoureuse de ces éléments, et la recherche de leurs variations séculaires, constituent un seul et même problème dont la solution exige l'emploi de méthodes nouvelles. On a bien, depuis le commencement du siècle, construit, année par année, les tables des quatre plus anciens astéroïdes, en suivant les procédés d'interpolation indiqués par Gauss et M. Encke; MM. Brunow et Hansen ont même étendu ces tables à quelques planètes plus récemment découvertes, telles que Flore. Mais on ne peut arriver ainsi que bien difficilement aux expressions analytiques des inégalités périodiques ou séculaires. M. Hansen a publié récemment une nouvelle théorie des perturbations planétaires, dont les avantages sont surtout marqués lorsque les orbites sont très-inclinées ou très-excentriques, et l'éminent astronome a lui-même appliqué cette théorie au calcul des perturbations d'Égérie. De son côté, M. Le Verrier a découvert la grande inégalité de Pallas par une méthode toute différente, à laquelle M. Hoüel vient d'ajouter quelques perfectionnements qui en facilitent l'application. Telles sont à peu près, jusqu'à ce jour, les tentatives faites par les géomètres pour aborder la théorie des petites planètes.

C'est là une des questions astronomiques à la fois les plus neuves et les plus intéressantes. Les perturbations nécessairement très-fortes qui proviennent de l'attraction exercée par Jupiter donneront, quand on les aura calculées, une détermination très-exacte de la masse de cette planète. Il sera plus difficile de calculer les masses individuelles des astéroïdes; mais on arrivera probablement, sans trop de difficulté, à connaître la valeur précise de leurs masses

réunies. Déjà M. Le Verrier a déduit de ses travaux sur Mercure et Mars une limite supérieure de cette valeur, et voici comment cet astronome a lui-même formulé ses remarquables conclusions :

1° Outre les planètes Mercure, Vénus, la Terre et Mars, il existe entre le Soleil et Mercure un anneau d'astéroïdes dont l'ensemble constitue une masse comparable à celle de Mercure lui-même;

2° A la distance de la Terre au Soleil, se trouve un second anneau d'astéroïdes dont la masse est au plus égale à la dixième partie de la masse de la Terre;

3° La masse totale des astéroïdes compris entre Mars et Jupiter est au plus égale au tiers de la masse de la Terre;

4° Les masses des deux derniers groupes sont complémentaires l'une de l'autre. Dix fois la masse du groupe situé à la distance de la Terre, plus trois fois la masse totale des petites planètes situées entre Mars et Jupiter, forment une somme égale à la masse de la Terre.

Si l'on compare ces résultats du calcul à ce que nous avons dit plus haut de la petitesse du volume des astéroïdes, on arrivera à une conséquence remarquable. En supposant que la densité de ces corps soit égale en moyenne à celle de la Terre, les masses réunies de ceux que nous connaissons formeraient au plus la dix-millième partie de la masse de notre globe, c'est-à-dire la deux-millième partie environ de la masse totale de l'anneau cosmique compris entre Mars et Jupiter. Le nombre des astéroïdes inconnus serait donc deux mille fois au moins plus considérable que le nombre de ceux qui sont déjà découverts. C'est en ce sens que M. Le Verrier dit que ces petits corps sont en nombre indéfini, et c'est pour cela surtout qu'il s'oppose à ce qu'on les désigne chacun par un nom particulier, par la raison qu'il faudra bien s'arrêter un jour. A cela, M. Hind et presque tous les autres astronomes répondent que le nombre des astéroïdes que nos instruments pourront nous permettre d'apercevoir est probablement assez restreint, et qu'il y aurait de grands inconvénients à substituer de simples numéros d'ordre à la nomenclature actuelle, à cause de la confusion inévitable qui en résulterait. Nous sommes de cet avis, et aux excellentes raisons qui ont déjà été données, il nous sera peut-être permis d'ajouter que si la proposition de M. Le Verrier était adoptée, tout travail de la nature de celui que nous publions aujour-

X.

Perturbations des astéroïdes, etc.

La recherche des perturbations des astéroïdes est à peine ébauchée; l'extrême difficulté de ce problème tient, d'une part, au petit nombre d'observations dont les astronomes peuvent disposer, et de l'autre, à la grandeur des inclinaisons et des excentricités des orbites. Aussi, comme nous l'avons dit plus haut, y a-t-il plusieurs de ces orbites dont les éléments sont encore aujourd'hui très-inexactement connus. Une détermination plus rigoureuse de ces éléments, et la recherche de leurs variations séculaires, constituent un seul et même problème dont la solution exige l'emploi de méthodes nouvelles. On a bien, depuis le commencement du siècle, construit, année par année, les tables des quatre plus anciens astéroïdes, en suivant les procédés d'interpolation indiqués par Gauss et M. Encke; MM. Brunow et Hansen ont même étendu ces tables à quelques planètes plus récemment découvertes, telles que Flore. Mais on ne peut arriver ainsi que bien difficilement aux expressions analytiques des inégalités périodiques ou séculaires. M. Hansen a publié récemment une nouvelle théorie des perturbations planétaires, dont les avantages sont surtout marqués lorsque les orbites sont très-inclinées ou très-excentriques, et l'éminent astronome a lui-même appliqué cette théorie au calcul des perturbations d'Égérie. De son côté, M. Le Verrier a découvert la grande inégalité de Pallas par une méthode toute différente, à laquelle M. Houël vient d'ajouter quelques perfectionnements qui en facilitent l'application. Telles sont à peu près, jusqu'à ce jour, les tentatives faites par les géomètres pour aborder la théorie des petites planètes.

C'est là une des questions astronomiques à la fois les plus neuves et les plus intéressantes. Les perturbations nécessairement très-fortes qui proviennent de l'attraction exercée par Jupiter donneront, quand on les aura calculées, une détermination très-exacte de la masse de cette planète. Il sera plus difficile de calculer les masses individuelles des astéroïdes; mais on arrivera probablement, sans trop de difficulté, à connaître la valeur précise de leurs masses

TABLEAU SYNOPTIQUE DES ÉLÉMENTS DES PETITES PLANÈTES.

Nos	NOMS.	AUTEURS de la découverte.	ÉPOQUE de la découverte.	DISTANCE MOYENNE au soleil.	TEMPS de la révolution.	EXCENTRICITÉ.	INCLINAISON.	LONGITUDE du nœud ascendant	LONGITUDE du périhélie.
1	*Cérès*	PIAZZI	1er janvier 1801	2, 766	1680 j. 26	0, 080	10° 36'	80° 50'	149° 27'
2	*Pallas*	OLBERS	28 mars 1802	2, 770	1683, 86	239	34 42	172 40	122 10
3	*Junon*	HARDING	1er septembre 1804	2, 669	1593, 21	255	13 3	171 1	54 5
4	*Vesta*	OLBERS	29 mars 1807	2, 360	1324, 84	090	7 8	103 26	250 21
5	*Astrée*	HENCKE	8 décembre 1845	2, 576	1510, 55	190	5 19	141 33	134 44
6	*Hébé*	HENCKE	1er juillet 1847	2, 425	1379, 63	0, 201	14 46	138 36	15 13
7	*Iris*	HIND	13 août 1847	2, 386	1346, 46	231	5 27	259 47	41 29
8	*Flore*	HIND	18 octobre 1847	2, 201	1192, 99	156	5 53	110 28	33 4
9	*Métis*	GRAHAM	25 avril 1848	2, 386	1346, 21	123	5 36	68 33	71 10
10	*Hygie*	GASPARIS	12 avril 1849	3, 149	2041, 40	100	3 47	287 45	227 55
11	*Parthénope*	GASPARIS	11 mai 1850	2, 452	1402, 91	0, 099	4 37	125 5	316 11
12	*Victoria*	HIND	13 septembre 1850	2, 334	1302, 71	219	8 23	235 42	301 47
13	*Égérie*	GASPARIS	2 novembre 1850	2, 575	1509, 72	088	16 32	43 20	119 32
14	*Irène*	HIND GASPARIS	19 mai 1851 23 mai 1851	2, 589	1522, 01	165	9 7	86 42	179 29
15	*Eunomia*	GASPARIS	29 juillet 1851	2, 643	1569, 37	188	11 44	294 1	27 52
16	*Psyché*	GASPARIS	17 mars 1852	2, 926	1828, 41	0, 135	3 4	150 37	12 35
17	*Thétis*	LUTHER	17 avril 1852	2, 474	1421, 07	126	5 35	125 30	259 26
18	*Melpomène*	HIND	24 juin 1852	2, 296	1270, 61	217	10 9	150 6	15 19
19	*Fortuna*	HIND	22 août 1852	2, 441	1393, 29	158	1 32	211 32	30 24
20	*Massilia*	GASPARIS CHACORNAC	19 septembre 1852 20 septembre 1852	2, 409	1365, 96	143	0 41	206 43	98 36
21	*Lutetia*	GOLDSCHMIDT	15 novembre 1852	2, 435	1388, 21	0, 162	3 5	80 33	327 8
22	*Calliope*	HIND	16 novembre 1852	2, 909	1812, 28	103	13 44	66 43	58 13
23	*Thalie*	HIND	15 décembre 1852	2, 625	1553, 39	235	10 14	68 1	123 16
24	*Thémis*	GASPARIS	5 avril 1853	3, 142	2034, 22	117	0 48	36 11	139 9
25	*Phocea*	CHACORNAC	6 avril 1853	2, 402	1359, 99	253	21 35	214 5	302 55
26	*Proserpine*	LUTHER	5 mai 1853	2, 656	1581, 08	0, 087	3 36	45 56	235 20
27	*Euterpe*	HIND	8 novembre 1853	2, 347	1313, 55	172	1 35	93 45	87 39
28	*Bellone*	LUTHER	1er mars 1854	2, 778	1691, 57	150	9 21	144 40	122 26
29	*Amphitrite*	MARTH POGSON CHACORNAC	1er mars 1854 1er mars 1854 2 mars 1854	2, 555	1491, 58	072	6 7	356 27	56 39
30	*Urania*	HIND	22 juillet 1854	2, 364	1327, 75	127	2 6	308 15	[illegible]

34	*Circe*	CHACORNAC	6 avril 1855	2, 688	1609, 46	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
35	*Leucothée*	LUTHER	19 avril 1855	2, 985	1888, 66	222	8	12	856	11	198	88
36	*Atalante*	GOLDSCHMIDT	5 octobre 1855	2, 749	1664, 50	0, 298	18	42	359	12	42	26
37	*Fidès*	LUTHER	5 octobre 1855	2, 642	1568, 64	175	3	7	8	13	66	8
38	*Léda*	CHACORNAC	12 janvier 1856	2. 740	1656, 58	155	6	58	296	31	100	48
39	*Lætitia*	CHACORNAC	8 février 1856	2, 771	1684, 84	111	10	21	157	23	2	11
40	*Harmonie*	GOLDSCHMIDT	1er mars 1856	2, 268	1247, 45	046	4	16	93	33	0	58
41	*Daphné*	GOLDSCHMIDT	22 mai 1856	2, 400	1358, 30	0, 202	15	48	180	9	230	24
42	*Isis*	POGSON	23 mai 1856	2, 440	1392, 20	225	8	35	84	30	318	0
43	*Ariane*	POGSON	15 avril 1857	2, 204	1197, 74	167	3	28	264	32	277	16
44	*Nysa*	GOLDSCHMIDT	27 mai 1857	2, 424	1378, 59	149	3	42	131	8	111	39
45	*Eugénie*	GOLDSCHMIDT	28 juin 1857	2, 716	1634, 72	081	6	35	148	7	228	53
46	*Hestia*	POGSON	16 août 1857	2, 518	1459, 24	0, 144	2	17	181	31	354	26
47	*Aglaé*	LUTHER	15 septembre 1857	2, 883	1788, 11	128	5	0	4	33	314	33
48	*Doris*	GOLDSCHMIDT	19 septembre 1857	3, 109	1997, 90	077	6	30	185	16	76	54
49	*Palès*	GOLDSCHMIDT	19 septembre 1857	3, 086	1980, 20	238	3	8	290	31	32	52
50	*Virginie*	FERGUSON LUTHER	4 octobre 1857 19 octobre 1857	2, 649	1574, 43	287	2	48	173	34	10	2
51	*Nemausa*	LAURENT	22 janvier 1858	2, 378	1339, 33	0, 063	10	15	175	39	190	14
52	*Europa*	GOLDSCHMIDT	4 février 1858	3, 100	1993, 47	101	7	25	129	59	102	4
53	*Calypso*	LUTHER	4 avril 1858	2, 610	1540, 45	213	5	8	144	16	91	34
54	*Alexandra*	LUTHER	10 septembre 1858	2. 708	1627, 31	199	11	47	313	52	293	40
55	*Pandore*	SEARLE	10 septembre 1858	2, 769	1683, 18	139	7	21	10	56	10	10
56	*Pseudo Daphné*	GOLDSCHMIDT	13 septembre 1858	2, 583	1552, 00	0, 227	7	56	194	58	295	1
57	*Mnémosyne*	LUTHER	1er janvier 1860	3, 155	2047, 10	106	15	4	200	9	53	25
58	*Concordia*	LUTHER	10 janvier 1860	2, 693	1619, 01	040	5	3	161	22	177	56
59	?	CHACORNAC	9 septembre 1860	2, 605	1501	196	6	36	167	9	337	52
60	*Danaé*	GOLDSCHMIDT	12 septembre 1860	2, 975	1875	163	18	17	334	19	340	9
61	*Titania*	FERGUSON	14 septembre 1860	2, 289	1265	0, 198	4	41	187	12	158	6
62	*Erato*	FORSTER et LESSER	14 septembre 1860	3, 124	2019	169	2	13	126	41	26	14
63	*Ausonia*	GASPARIS	10 février 1861	2, 397	1356	128	5	45	338	3	268	7
64	*Angelina*	TEMPEL	4 mars 1861	2, 678	1602	125	1	20	311	2	126	28
65	*Maximiliana*	TEMPEL	8 mars 1861	3, 452	2343	141	3	29	159	9	254	37
66	*Maïa*	TUTTLE	9 avril 1861	2, 654	1580	0, 155	3	5	8	12	43	54
67	*Asia*	POGSON	17 avril 1861	2, 582	1516	320	6	34	204	39	321	30
68	*Latone*	LUTHER	26 avril 1861	2, 775	1688	204	7	58	44	50	346	00
69	*Hesperia*	SCHIAPARELLI	26 avril 1861	3, 075	1958	194	8	27	186	54	125	42
70	*Panopea*	GOLDSCHMIDT	5 mai 1861	2, 499	1445	071	15	17	47	24	85	28 ?

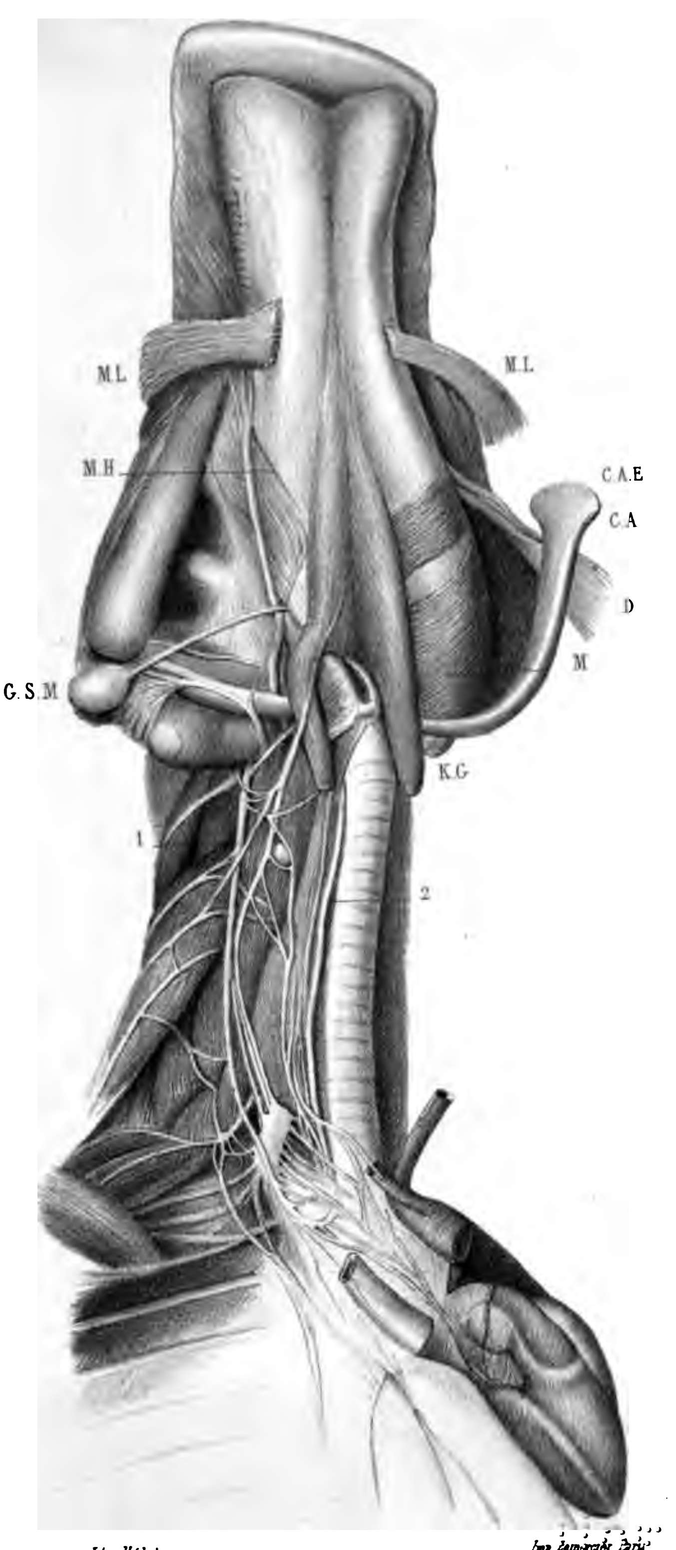
PL.

Léveillé lith.

PL.1

Imp. Lemercier Paris

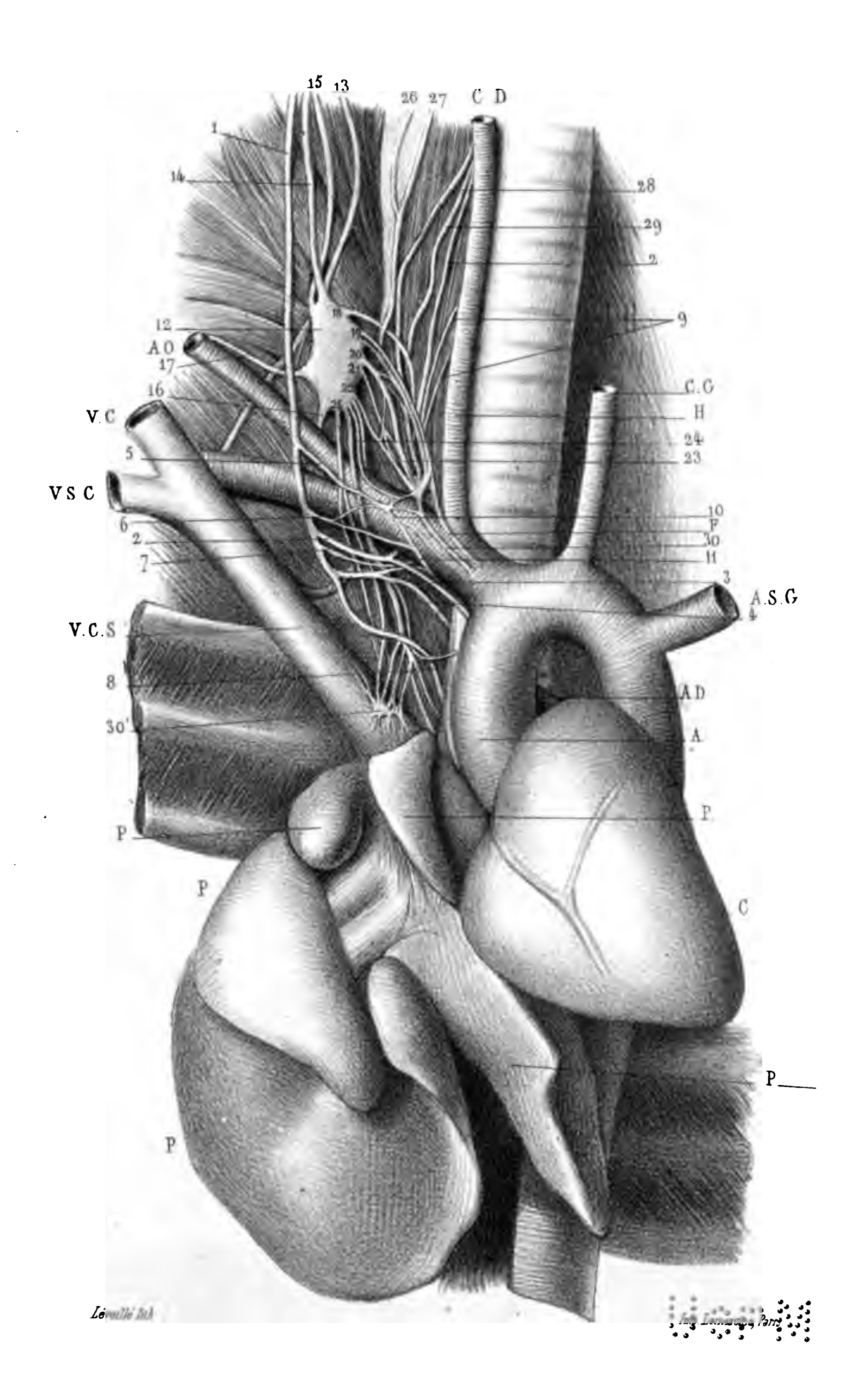
5
6
10
7
9
3
4
2
8
15
13
14
1
11
12



Léveillé lith

Imp. Lemercier, Paris

PL.



15
13
26
27
C D
1
14
28
29
2
9
12
AO
17
C.G
16
H
V.C
24
5
23
VSC
10
6
F
2
30
7
11
3
A.S.G
4
V.C.S
8
AD
30'
A
P
P
P
C
P
P

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

DES SCIENCES

PHYSIQUES ET NATURELLES

DE BORDEAUX

TOME II

2e Cahier

A PARIS

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE

rue Hautefeuille, 19.

A LONDRES, chez H. BAILLIÈRE, 219, Regent Street.—A NEW-YORK, chez H. BAILLIÈRE, 290, Broadway.

A MADRID, chez BAILLY-BAILLIÈRE, calle del Principe, 11

A BORDEAUX

CHEZ CHAUMAS-GAYET, LIBRAIRE

Fossés du Chapeau-Rouge, 34

1863

COMPOSITION DU BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

pour l'année 1862-1863.

MM. BAUDRIMONT ✻, *président.*
ROYER, *vice-président.*
GUÉPIN, *secrétaire.*
PRAT, *vice-secrétaire.*
MICÉ, *trésorier-archiviste.*
LESPIAULT, ORÉ, AZAM, } *membres du Conseil.*

LISTE DES MEMBRES TITULAIRES ET CORRESPONDANTS

§ Ier. — Membres titulaires.

MM. ABRIA ✻, doyen de la Faculté des Sciences.
ALEXANDRE, pharmacien.
AZAM, professeur à l'École de Médecine.
BAUDRIMONT ✻, agrégé libre de la Faculté de Médecine de Paris, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.
BAZIN, professeur à la Faculté des Sciences, médecin en chef de l'Asile des Aliénées.
BILLIOT, licencié ès-sciences mathématiques et physiques.
E. H. BROCHON, avocat à la Cour Impériale.
CASTERA-LADEVÈZE, propriétaire.
COUERBE, chimiste, à Verteuil (Médoc).
DELMAS, docteur en médecine.
DUBOURDIEU, médecin-vétérinaire.
HENRI GINTRAC, professeur à l'École de Médecine.
GLOTIN ✻, ancien officier de la Marine Impériale.
GUÉPIN, chef des travaux anatomiques à l'École de Médecine.
GUESTIER (DANIEL), négociant.
HOUËL, professeur à la Faculté des Sciences.
DE LANGLADE, ingénieur civil.
COMTE DE LAVERGNE.
LEBESGUE ✻, correspondant de l'Institut de France (Académie des Sciences), professeur honoraire à la Faculté des Sciences.
LESPIAULT, professeur à la Faculté des Sciences.

MM. MARX, docteur en médecine.

MICÉ, docteur en médecine, licencié ès-sciences.

ORÉ, professeur à l'École de Médecine, médecin à l'Hôpital Saint-André.

PICKMANN, manufacturier, à Séville.

PRAT, pharmacien.

ROYER, licencié ès-sciences mathématiques et physiques, chef d'institution.

SAINT-MARTIN, propriétaire.

SIRECH, préparateur à la Faculté des Sciences.

VIZERIE, docteur en Médecine, à Issigeac.

§ II. — Membres correspondants.

MM. BERNARD, professeur de physique à la Faculté des Sciences de Clermont.

BOUÉ, régent de physique au collége de Sarlat.

BOURGUIGNAT, aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

BURGADE, docteur en médecine, à Libourne.

J. DELBOS, docteur ès-sciences, professeur à l'École des Sciences appliquées de Mulhouse.

GARRIGAT, à Paris.

KEMMERER.

DE LAVERNELLE (OSCAR), chef du cabinet du directeur général des lignes télégraphiques au ministère de l'Intérieur.

J. LÉON, sous-inspecteur des Douanes, à Lorient.

DE MONTESQUIOU, docteur en médecine, à Agen.

MUSSET, docteur ès-ciences, chef d'institution, à Toulouse.

RAMEY (EUGÈNE), naturaliste, à Paris.

ROBIN (Édouard), professeur de chimie, à Paris.

RODET, ingénieur des tabacs, ex-élève de l'École polytechnique, à Nice.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

MM. CAILLEBOIS ET BOUISSON

ANCIENS MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

PAR LE D[r] EDMOND MARX

Fidèle à l'usage pieux qu'elle a inauguré dès ses débuts, notre Compagnie veut, au moment de mettre sous presse le quatrième demi-volume de ses Mémoires, lui donner la plus digne préface dont elle puisse le faire précéder en adressant une dernière parole de regrets et d'adieux à ceux de ses membres qui lui ont été ravis depuis sa précédente publication, MM. Caillebois et Bouisson.

Amédée Caillebois, attaché en qualité de précepteur à l'une des honorables familles de notre ville, aimait à occuper les loisirs que lui laissaient ses laborieuses fonctions en se livrant à des études d'histoire naturelle, et surtout de botanique; aussi fut-il un de ceux qui, en 1850, accueillirent avec le plus vif empressement l'idée de fonder à Bordeaux une association de jeunes hommes qui uniraient leurs efforts et mettraient en commun les résultats de leurs recherches, en les faisant porter plus spécialement sur l'histoire naturelle de notre département et des départements voisins.

C'est cette primitive *Société d'histoire naturelle* qui a donné naissance à notre *Société des sciences physiques et naturelles;* elle a marqué ses commencements par un zèle et une activité scientifique dont les Mémoires et les Archives de notre Compagnie attestent les fructueux résultats.

C'est à cette première période de travail et de commune émulation que se rapporte le passage de Caillebois au sein de notre Association. Il ne fit en effet que passer, si l'on peut ainsi parler, au milieu de ses collègues, mais il fut loin d'y passer inaperçu.

Après avoir, comme fondateur de la Société, pris une part active aux séances qui avaient pour but de la constituer et d'en régler la marche et les travaux, il se mettait courageusement à l'œuvre pour fournir son tribut de consciencieuses recherches, et, dans la séance du 20 janvier 1851, il lisait un *Rapport sur quelques excursions faites dans la Creuse et dans la Haute-Vienne au mois de septembre 1850.*

Dans ce travail, après avoir donné un aperçu de la constitution physique et minéralogique des environs de Bourganeuf désignés dans le pays sous le nom de *Basse-Creuse,* il énumérait, en déposant quelques échantillons, les plantes qu'il avait recueillies dans les diverses conditions de station phytostatique qu'il avait été à même d'observer.

A cette époque, la Société s'occupait presque exclusivement de botanique et de géologie. Le remarquable ouvrage de M. Thurmann, combattu par quelques-uns, très vivement loué par les autres, avait fixé d'une manière spéciale l'attention de tous sur les questions de géographie botanique. C'est lui qui inspirait, quelque temps après, à M. Delbos un travail riche de faits judicieusement observés, et qui a été reproduit dans nos Mémoires [1], sur le *Mode de répartition des végétaux dans le département de la Gironde.* Caillebois fut de ceux qui, sans adopter la notation de M. Thurmann et sa terminologie, acceptèrent le plus complètement ses théories sur la propagation et la dispersion des espèces. Par les notes qui accompagnaient les plantes dont il enrichit l'herbier de la Société, il fournit même aux observations de l'éminent botaniste du Jura un contrôle très sérieux. Son concours semblait donc définitivement acquis à la Compagnie, lorsqu'au mois de mai 1851 elle eut le regret de recevoir de lui une lettre qui annonçait son départ pour Limoges et demandait le titre de membre correspondant, que nous lui accordâmes aussitôt. Esprit curieux, travailleur infatigable, il prit au sérieux ce titre de correspondant, qui ne sert trop souvent qu'à contenter la vanité de ceux qui le sollicitent, et ne crut pas que son éloignement suffît pour rompre les liens qui l'attachaient à notre Compagnie. Quelques mois à peine écoulés, nous recevions des plantes provenant de ses excursions dans les environs de Limoges.

(1) Tome I, pages 427-469.

Depuis cette époque, la Société a adressé régulièrement à Caillebois ses publications qu'il accueillait avec gratitude. Au moment où nous préparions les matériaux du présent volume, nous apprîmes qu'il ne serait plus là pour le recevoir, et que la Compagnie comptait un vide de plus dans ses rangs.

Nous avons vainement cherché à avoir quelques détails sur les années de sa vie qui se sont écoulées depuis qu'il a quitté notre ville. En l'absence de tout renseignement, la Compagnie ne peut que déplorer sa perte, comme elle déplorait jadis le départ qui l'enlevait à ses sympathies déjà avides de se changer en sincère affection; elle ne peut qu'exprimer le regret de n'avoir pas eu le temps de le bien connaître.

C'est un regret du même genre qu'a fait ressentir à la Société la mort de notre autre collègue Léonce Bouisson, enlevé à la fleur de l'âge, après avoir fait dans son sein une trop courte apparition.

Après avoir conquis le titre justement recherché d'interne des hôpitaux de Bordeaux, à la suite de deux concours qu'il avait soutenus de façon à donner les plus belles espérances d'avenir, Bouisson, guidé par cette intelligence pratique qu'on se plaisait à compter au nombre de ses mérites, comprit que, placé par sa nouvelle situation sur un terrain exclusivement médical et pratique, il devait chercher ailleurs les moyens et les occasions de cultiver ces sciences, qu'on a bien voulu appeler *accessoires*, et qui cependant sont pour le médecin d'une utilité de plus en plus évidente, à mesure que les questions si délicates de clinique et de diagnostic médical acquièrent plus d'exactitude et de précision.

A qui mieux qu'à la Société des sciences physiques et naturelles pouvait-il demander de diriger ses efforts vers le but nouveau qu'il poursuivait? Si le nom seul de cette Compagnie lui indiquait déjà les sujets d'étude auxquels elle se livre de préférence, les traditions qu'il savait y régner lui assuraient auprès d'elle un bienveillant accueil. Différente en effet de la plupart des Sociétés savantes, notre Association n'exige pas de ceux qui briguent l'honneur de lui appartenir qu'ils aient déjà donné par leur enseignement ou par leurs écrits des preuves d'une incontestable valeur scientifique; elle s'honore et acquiert des droits véritables à la reconnaissance de tous en associant à ses travaux ceux-là même qui n'ont d'autre titre à invoquer en leur faveur que ce désir de connaître auquel nous devons tant de merveilleuses

découvertes : c'est dans les rangs de ces derniers que Bouisson était venu nous demander une place; d'ailleurs, plusieurs de ses amis, de ses camarades d'étude, l'y avaient précédé et lui avaient dit les relations toutes cordiales qui existent entre les membres de notre Association. Le 8 mars 1860, huit jours après sa réception, il venait avec joie prendre place au milieu de nous. Convaincu d'avance qu'au sein de notre Société il lui serait le plus souvent donné d'écouter et de s'instruire, il voulut néanmoins, dès son entrée, nous marquer son bon vouloir en participant à nos travaux dans la mesure de ses connaissances; il se chargea d'analyser pour la Compagnie le *Journal de Physiologie de Brown-Séquart.* Qui aurait pensé qu'une force plus puissante que sa volonté l'empêcherait de tenir cet engagement? Peu de jours après notre séance, la première et la dernière, hélas! à laquelle il assista, il ressentit les symptômes, trop sérieusement accusés alors pour qu'il pût encore les méconnaître, d'une maladie dont depuis longtemps on cherchait à lui cacher la nature, sachant que l'art est impuissant à la combattre.

C'est avec la conviction de cette impuissance, conviction que lui-même ne tarda pas à acquérir, malgré les sublimes efforts qu'il faisait pour rassurer sa pauvre mère, que ses amis ont assisté aux progrès de jour en jour plus prononcés de l'affection qui devait emporter notre malheureux collègue. Mais, en regard de l'affaiblissement physique qui les désolait, ils admiraient le développement que prenaient chez lui, en présence de la mort qu'il savait se rapprocher de plus en plus, les qualités du cœur et de l'intelligence. Tous les côtés nobles de cette nature se montraient simultanément au dehors, comme si Dieu avait eu dessein de les faire apprécier avant de briser la fragile enveloppe qui les enfermait.

Peu de jours avant sa mort, notre collègue, feuilletant d'une main déjà mal affermie le troisième demi-volume que notre Compagnie venait de publier, exprimait de nouveau ses regrets de n'avoir pu nouer avec plusieurs des membres de la Société des relations dont il appréciait toute la valeur.

La Compagnie regrette des hommes qui auraient jeté plus d'éclat sur ses travaux; mais pas un de ceux qu'elle a perdus n'était plus digne que Léonce Bouisson de l'estime et de l'amitié qu'inspirent la bonté du cœur et la droiture de l'esprit.

PREMIER MÉMOIRE

SUR LA

STRUCTURE DES CORPS

CONSTITUTION DES MILIEUX TRANSPARENTS

DISCUSSION DE LA THÉORIE DE L'ÉTHER ET DES ONDES LUMINEUSES

PAR A. BAUDRIMONT

professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

INTRODUCTION

La définition d'un rayon de lumière polarisée dans la théorie des ondulations, m'a toujours paru ne pouvoir être réalisée qu'accidentellement. En effet, comment admettre qu'un rayon lumineux rencontre constamment une file de molécules dans sa propre direction, et que ces molécules exécutent des vibrations perpendiculaires à cette direction?

Il est évident que cela ne peut exister dans un corps cristallisé, même isotrope, car tous sont formés de files de molécules ayant des positions définies.

Existe-t-il quelque autre milieu ne possédant pas cette structure et pouvant satisfaire à cette condition? Les fluides élastiques et les liquides ne sont-ils point dans ce cas?

A priori, il m'a toujours semblé que cela ne pouvait être ainsi. Il faudrait plusieurs conditions pour satisfaire à la définition précitée : ou que les molécules fussent mobiles et vinssent se ranger dans la direction du rayon lumineux, ou bien que le milieu fût entièrement homogène, ou, enfin, que la définition dût être changée. C'est cette dernière opinion qui doit être adoptée, et les travaux de l'illustre

Cauchy l'ont surabondamment démontré. Cependant, ce savant, autant que je sache, n'a pas fait connaître la structure réelle du fluide éthéré. C'est cette lacune que j'ai essayé de faire disparaître.

La structure des corps cristallisés est en partie connue (1); mais celle des corps amorphes, des fluides élastiques et des liquides ne l'est nullement.

Quoique l'observation directe nous fasse défaut pour étudier cette structure, je me suis demandé si l'on ne pourrait parvenir à la connaître par l'étude de l'ensemble des propriétés fondamentales de ces fluides et par les considérations géométriques du groupement de particules semblables.

Je pense y être parvenu d'une manière certaine et ne pouvant laisser aucun doute dans l'esprit, au moins pour les fluides élastiques.

La structure des milieux transparents étant à peine connue, la structure du fluide éthéré n'étant point définie, on peut dire que le système des ondulations ne repose pas sur une base solide et définitive.

D'une autre part, il m'a toujours paru que les physiciens n'avaient pas assez examiné cette théorie dans la substitution qu'ils font de molécules éthérées purement imaginaires aux molécules réelles qui constituent les corps.

J'ai combattu cette opinion dans mon *Traité de Chimie,* t. I, p. 245 et suiv., car il ne m'a jamais paru rationnel d'attribuer à un tel fluide des effets qui sont étroitement enchaînés avec la nature et la constitution des corps.

Les idées qui viennent d'être émises, loin de s'affaiblir avec le temps, n'ont fait que prendre une plus grande consistance. J'ai donc cru qu'il était convenable de rechercher dans les propriétés fondamentales des corps les conditions géométriques et mécaniques du groupement des parties qui les constituent, et d'en faire ensuite l'application au fluide hypothétique que l'on nomme *éther*.

J'ai dû rechercher alors quelle devait être la constitution la plus intime des corps, car c'est de la connaissance de cette constitution

(1) On verra, dans la suite de ce travail, que la forme cristalline pure et simple ne suffit pas pour indiquer la structure particulaire des corps, et qu'à un même système cristallographique appartiennent des structures très variées.

que doivent découler toutes les notions réelles et positives que nous pouvons acquérir sur la nature de ces mêmes corps et sur les phénomènes qu'ils présentent.

La théorie des mouvements vibratoires des éléments des corps que j'ai constamment appliquée à tous les phénomènes de l'ordre physique depuis plus de trente ans, ainsi que cela résulte de tous mes écrits, théorie qui est aujourd'hui admise par la grande majorité des physiciens, a dû m'inspirer une véritable confiance, sinon dans le positivisme, au moins dans l'utilité des recherches auxquelles je me suis livré.

Cette théorie, pour progresser, exigeait que les recherches que je publie en ce moment fussent faites; car, pour se rendre un compte clair et net des vibrations, il faut connaître les êtres auxquels ces mouvements sont attribués. Cette théorie en est aujourd'hui au même point que la théorie de l'éther : acceptée sans qu'elle ait été l'objet d'un examen suffisant, elle pèche par sa base. Il faut, par tous les moyens qui sont en notre pouvoir, approfondir la constitution des corps; au lieu d'une idée qui peut n'être que simplement heureuse, il faut s'efforcer d'acquérir la connaissance réelle, complète et aussi parfaite que possible des êtres et des phénomènes qu'ils présentent.

Dans le travail que je publie, j'ai dû suivre un ordre logique et marcher pour ainsi dire de théorème en théorème. J'ai même cru devoir commencer par exposer des notions sur les opérations par lesquelles notre intelligence nous permet de pénétrer dans les profondeurs des sujets de cette nature, afin d'en bien fixer la valeur et le plus ou moins de réalité.

Ce travail n'est qu'un faible extrait d'un travail beaucoup plus considérable sur les théories scientifiques et la classification des sciences que je me propose de publier dans une suite de Mémoires qui se rattachent tous les uns aux autres. C'est pour cela que je lui ai donné le titre de *premier Mémoire sur la Structure des corps,* quoique j'aie déjà publié d'autres Mémoires sur ce sujet.

A. BAUDRIMONT.

Bordeaux, le 15 mai 1863.

CONSTITUTION DES MILIEUX TRANSPARENTS.

Dans les sciences qui ont pour objet la connaissance de la nature, il y a deux parties essentiellement distinctes : une évidente, appréciable par nos sens extérieurs, et dont la réalité ne pourrait être mise en doute, à moins de cesser de croire à notre propre existence; une autre, toute spéculative, métaphysique ou cryptoristique, qui ne peut être connue que par les seules lumières de la raison.

A toutes les époques de la science, on a senti l'insuffisance de nos connaissances positives, et l'on a cherché à relier les faits qui les constituent par des théories générales, et autant que possible on a voulu les déduire d'une origine unique. La théorie des atomes, créée par Leucippe dans le V[e] siècle qui a précédé l'ère vulgaire, théorie qui a été la base de la philosophie des Épicuriens, et qui a été immortalisée par Lucrèce dans son poëme *de Naturâ rerum;* le système de Descartes, développé par Huyghens, de Boucheporn et les physiciens modernes; le système de Boscowich, adopté par M. Faraday et M. de Saint-Venant; le système de l'émission de Newton; les monades de Leibnitz, sont autant de preuves de la fécondité du génie humain et du peu de certitude des recherches métaphysiques appliquées à l'étude de la nature.

Les procédés que l'intelligence humaine suit pour arriver de déductions en déductions à la connaissance de la vérité, *exigent qu'il n'y ait pas la moindre lacune entre les faits, quels qu'ils soient,* qui servent de base aux raisonnements. C'est ainsi que dans la géométrie on ne peut passer d'une vérité à une autre vérité, ou d'un théorème à un autre théorème, qu'autant qu'il n'existe aucune lacune entre eux. Cette continuité de notions positives n'existant pas pour la création des sciences cryptoristiques, il en résulte qu'elles ne peuvent offrir pour nous le même degré de certitude que les sciences d'observation proprement dites ou que les sciences mathématiques. C'est ce qui fait que des systèmes essentiellement

différents ont été proposés par des savants du premier ordre, et ont pu régner tour à tour dans la science.

Tout homme libre, et je donne ce nom à celui qui, possédant des organes sains, n'est imbu d'aucun préjugé venant de l'éducation, qui a mûrement réfléchi sur toutes les théories proposées, ne peut croire à aucune d'elles d'une manière absolue; seulement, il peut admettre que l'une d'elles est plus vraisemblable que les autres.

Pour la création des sciences cryptoristiques, on est contraint de suivre une méthode spéciale. Il faut, par une analyse toujours incomplète, remonter jusqu'à une origine supposée, faire une hypothèse, imaginer quelque fait général et fondamental, et voir si ce fait peut, par la synthèse, reproduire tous les faits observés. C'est cette synthèse qui est la véritable pierre de touche de tous les systèmes métaphysiques créés ou à créer.

Il faut qu'il puisse y avoir une harmonie parfaite entre une théorie et les faits connus dont elle est appelée à donner l'explication; ou bien si remarquable, si brillante qu'elle soit, il faut y renoncer lorsqu'il est démontré qu'elle suppose les corps faits autrement qu'ils ne sont ou ne peuvent être.

Les résultats consignés dans ce travail sont, autant que possible, déduits de l'observation directe. Lorsqu'il a fallu descendre dans les profondeurs du domaine cryptoristique, j'ai essayé d'affermir mes pas sur les degrés qui pouvaient y conduire sans en laisser passer un seul; aussi pensai-je qu'ils sont établis d'une manière solide et durable, et qu'ils représentent la réalité des faits.

Tous les systèmes fondamentaux relatifs au sujet qui nous occupe dépendent de la solution des questions suivantes :

I. *L'univers est-il composé de parties séparables?*

II. *Ces parties sont-elles mobiles?*

III. *Existe-t-il entre elles un contact parfait et absolu, ou bien sont-elles distantes les unes des autres?*

IV. *Comment le mouvement se communique-t-il d'une partie à une autre?*

Chacun répondra d'une manière affirmative aux deux premières questions : Oui, l'univers est formé de parties séparables; oui, ces parties sont mobiles; car cela est démontré par tous les faits qui s'accomplissent incessamment autour de nous. Il n'en peut être de même des deux dernières questions; l'erreur produite par notre

observation journalière et par l'emploi de nos sens appliqués à des êtres d'un certain ordre, n'a pas toujours permis à notre raison d'agir librement et de juger sainement.

Puisque les parties constituantes de l'univers ou d'un milieu ou d'un corps quelconque sont mobiles, il faut cependant en conclure qu'elles ne se touchent point, contrairement à l'opinion de Descartes; car on ne pourrait déranger une de ces parties sans en déranger une infinité d'autres. Les dilatations et les contractions que les corps éprouvent par des variations de température, indiquent nettement que les parties contituantes d'un corps ne se touchent pas; mais ceux qui matérialisent la chaleur et en font un fluide continu, diront que la chaleur qui entre dans les corps pour le dilater ou qui en sort lorsqu'ils se contractent, remplit l'espace laissé libre par ses parties constituantes, et qu'il n'y a aucun espace libre. Voici cependant une expérience fort simple que cette théorie ne peut expliquer :

Que l'on suppose un cylindre fermé de toutes parts, rempli d'air et dans lequel peut se mouvoir un piston, exactement comme un briquet à air. Si l'on augmente la capacité du cylindre en écartant le piston de la base de ce dernier, avant que l'équilibre de température puisse s'établir, l'air se dilate et rien ne peut être venu remplir les espaces vides laissés entre les parties qui le forment et qui se sont certainement éloignées les unes des autres. A moins que l'on n'admette que l'éther, fluide neutre, n'ait rempli cet office; mais alors on demandera comment pourra s'établir l'équilibre de température. Il faudra donc que le fluide éthéré cède la place au fluide calorifique; mais si l'on continue à raisonner dans cette hypothèse, combien y aura-t-il de fluides; comment parviendront-ils à se loger dans l'espace et comment s'en opérera le triage? Il est évident qu'il vaut mieux renoncer à toute espèce de théorie que d'en admettre une pareille à cette dernière.

Enfin, lorsque l'on ne peut avoir la preuve absolue qu'une théorie métaphysique est vraie à l'exclusion de toutes les autres, il convient d'adopter la plus simple et celle qui explique le mieux les faits; or, tel n'est pas le cas de celle qui admet autant de fluides que l'on reconnaît d'agents naturels ou d'ordres de phénomènes.

Or, par les considérations qui précèdent, on doit admettre que

les parties constituantes des corps ne se touchent point les unes les autres.

Boscowich, il est vrai, a émis une théorie très remarquable d'après laquelle la matière serait représentée par de simples points mathématiques, ou plutôt par des centres irradiant dans tous les sens et existant partout où ils étendent leur action.

Selon cette théorie, la matière atomique n'existe point; elle se trouve représentée uniquement par sa puissance ou par les actions qu'elle exerce. Mais si l'on ne place rien à ces centres d'activité, comment pourront-ils être distincts les uns des autres? Comment nous rendrons-nous compte de leur existence? Puisqu'ils sont réduits à un simple point mathématique n'ayant aucune dimension, pourquoi ne se pénètrent-ils pas les uns dans les autres? Comment chacun d'eux peut-il conserver sa nature spéciale? Pourquoi l'univers entier ne se concentre-t-il pas dans un seul de ces points?

Cette conception remarquable est évidemment celle d'un mathématicien uniquement occupé de choses abstraites et négligeant la nature telle qu'elle se présente à nous et telle qu'elle est en réalité.

Le mathématicien Malézieu n'a-t-il pas eu la prétention de démontrer que la matière était divisible à l'infini, parce que la diagonale d'un carré est incommensurable avec un de ses côtés?

L'étude de la nature nous conduit à penser que les actes sont accomplis par des êtres réels, et qu'ils n'ont point d'existence possible en dehors de ces êtres. Dans le domaine des sciences naturelles, cela nous conduit à reconnaître des êtres et les phénomènes qu'ils produisent ou accomplissent.

Nous voyons des êtres qui se meuvent, des corps qui rayonnent de la chaleur et de la lumière; mais nous ne voyons jamais le mouvement indépendant des êtres qui le produisent; ni la chaleur, ni la lumière, sans que nous puissions remonter à une source matérielle.

Il faut cesser de confondre les phénomènes, qui ne sont que des actes, avec les corps qui les produisent. Là où s'étend le phénomène, le corps matériel peut n'être pas. Telle est la gravité qui s'exerce au delà des dimensions des astres qui la possèdent.

Pour moi, j'admets, et c'est ce qui résulte de l'examen approfondi de tout ce qui est en nous et en dehors de nous : 1° Que non

seulement les corps sont formés de parties constituantes matérielles, mais 2° que ces parties constituantes ne se touchent point et *que le contact n'existe pas et n'a jamais existé dans la nature.*

Cette dernière proposition va révolter bien des esprits qui ne manqueront pas de la trouver absurde au premier abord; cependant, si nous sommes conduits à admettre que les parties constituantes d'un corps quelconque, d'un métal, d'un morceau de fer ou d'acier, du diament même, ne se touchent point, il faut bien reconnaître que le contact ne peut s'établir par le choc ni par les engrenages qui transmettent le mouvement d'un corps à un autre. Mais pour ne point changer la valeur des mots, ou plutôt pour ne point en déplacer la signification, nous dirons : oui, il y a un contact vulgaire que nous voyons partout et que nous croyons établir à chaque instant; mais ce n'est point de ce contact qu'il s'agit ici. Nous admettons que les anneaux d'une chaîne se touchent quand on opère une traction sur elle; mais il faut reconnaître aussi qu'entre les anneaux de la chaîne, au contact apparent, il y a une distance beaucoup plus grande qu'entre les particules du fer qui forment cette chaîne.

C'est en raisonnant par analogie et en faisant l'application de faits grossiers et imparfaitement étudiés à des êtres ou à des phénomènes auxquels ils ne s'appliquent pas, que l'on est conduit à admettre les plus grandes erreurs.

J'ai vu un homme, distingué d'ailleurs, penser qu'il devait exister une espèce d'engrenage entre les atmosphères invisibles du soleil et des planètes de notre système; parce que c'était à cette seule condition qu'il pouvait en comprendre le mouvement. Mais si le soleil eût été indispensable pour faire marcher les autres astres, qu'est-ce donc qui aurait fait mouvoir le soleil?

Non, les parties qui constituent les corps ne se touchent point, et le contact réel et absolu n'existe point dans l'univers.

Si les parties constituantes des corps ne se touchent point mutuellement, il faut reconnaître qu'elles réagissent les unes sur les autres et que cette réaction s'opère à distance; c'est à dire qu'elles exercent une influence réciproque sans que le contact soit nécessaire. Ceci est le résultat des observations les plus vulgaires : les éléments de notre système planétaire réagissent les uns sur les autres à d'immenses distances; un corps lumineux éclaire aussi à de très grandes distances; la chaleur passe d'un corps dans un

autre et franchit l'espace; l'électricité peut s'exercer par influence. Mais les actions mécaniques ordinaires ne s'exercent qu'au contact apparent, et c'est cette observation immédiate et journalière qui trompe et trouble notre jugement. Le fer que l'on forge, le métal que l'on étire dans une filière ou qu'on écrase dans un laminoir, l'eau qui mouille un corps, le choc de deux billes, la poudre qui lance un boulet, le choc de ce dernier, le fer qui traverse notre corps dans une bataille, exercent toutes ces actions, ou bien éprouvent toutes ces déformations, sans qu'il y ait un contact réel. Il suffit qu'autour de ces agents et des parties des corps sur lesquels ils exercent leur action, il y ait une résistance qui dépasse la réaction mutuelle des éléments constituants de ces corps, pour que leurs parties soient déplacées, poussées, lancées, percées, arrachées, et tout cela sans qu'il y ait contact.

Les parties des corps transmettent leurs actions à une distance réelle, saisissable par notre intelligence dans tous les cas, et appréciable par nos sens dans la plupart des circonstances.

Des actions ordinaires qui ont lieu au contact apparent, on est passé à la transmission d'un mouvement par un fluide; on a reconnu que le son ne se transmettait pas dans le vide pneumatique, et l'on a facilement compris comment il pouvait parvenir d'un lieu dans un autre par les vibrations successives des éléments de l'air. Cette pensée, on a voulu l'appliquer à la chaleur, à la lumière, et il a fallu pour cela inventer un fluide spécial, parce que la lumière et la chaleur traversent des espaces privés d'air. Ce fluide a reçu le nom d'*éther*.

Cependant, on admet que le soleil exerce une action réelle sur les planètes, et, si ce ne sont les Cartésiens, on ne s'est même pas demandé si cette action était transmise par un fluide; enfin, il faut reconnaître que l'éther même, s'il existe, est formé de parties séparées qui réagissent à distance les unes sur les autres.

Si l'on aborde maintenant la quatrième question : Comment le mouvement se communique-t-il d'une particule à une autre? S'il est vrai que les particules des corps ne se touchent point, on est forcé d'admettre que le mouvement se commuuique à distance d'une particule à une autre sans qu'il y ait jamais le moindre contact entre elles; c'est un fait qu'il faut accepter parce qu'il est, et sans que l'on puisse avoir la prétention de l'expliquer.

On est ainsi conduit à reconnaître que *les corps sont formés de parties; que ces parties sont distantes les unes des autres; qu'elles réagissent mutuellement sans qu'aucun contact s'établisse jamais entre elles.*

Constitution mécanique des fluides élastiques.

Les corps tangibles, tels que nous les connaissons, se présentent sous trois états principaux et différents : gazeux, liquide et solide.

La constitution des corps, sous chacun de ces états, est distincte et soumise à des lois spéciales.

Nous nous occuperons d'abord de rechercher la constitution des fluides élastiques ou des gaz.

Dès 1813, Ampère et Avogadro ont été conduits à admettre que des volumes égaux de tous les fluides élastiques, à la même température et sous la même pression, renferment un même nombre de molécules. Cette observation est confirmée autant qu'elle peut l'être par tous les faits qui s'y rattachent. Les lois de Gay-Lussac, exposant qu'il existe un rapport simple entre les volumes des fluides élastiques qui constituent un corps composé, en sont la confirmation réelle et complète. Dans cette condition, les proportions chimiques sont pleinement satisfaites, et il en découle qu'il y a aussi un rapport fort simple entre les poids spécifiques des fluides élastiques et les équivalents chimiques de ces mêmes fluides. Si l'on fait varier les volumes de ces fluides, soit par une pression, soit par un changement de température, les lois de Gay-Lussac ne sont plus applicables; et comme les combinaisons s'opèrent entre les molécules et dans les mêmes rapports que ceux que l'on observe entre les volumes des fluides élastiques, on est forcément conduit à admettre la loi d'Ampère et d'Avogadro; seulement il importe de remarquer que les lois de Gay-Lussac sont données par l'observation directe, et que celle d'Ampère et d'Avogadro repose sur l'existence des molécules qui sont des êtres métaphysiques. En d'autres termes, les lois de Gay-Lussac appartiennent à l'ordre des faits autoptiques, et celle des derniers physiciens, à l'ordre cryptoristique.

De tous les poids spécifiques des fluides élastiques connus jusqu'à ce jour, et ils sont forts nombreux, il n'y en a pas un seul,

déterminé dans des conditions convenables, qui fasse exception à cette loi [1].

Tous les fluides élastiques, à partir d'une même température, ont un même coefficient de dilatation [2]. Tous sont soumis à la loi de Mariotte, c'est à dire que leur volume varie en raison inverse de la pression à laquelle ils se trouvent soumis.

Pour montrer l'uniformité qui préside à l'existence des fluides élastiques, il convient d'ajouter que tous ceux qui ont la même constitution ont la même chaleur spécifique lorsqu'on les considère sous des volumes égaux, et que cette chaleur spécifique est proportionnelle aux volumes ou fractions de volumes et aux molécules et fractions de molécules, ou d'équivalents chimiques qui entrent dans une molécule.

Les fluides élastiques élémentaires et les gaz composés de $\frac{1}{2}$ volume d'une nature $+ \frac{1}{2}$ volume d'une autre nature, comme

[1] La loi d'Avogadro ayant été contestée, je pense devoir présenter dans cette note la suite des propositions qui ont servi pour l'établir :

1° Les molécules des corps sont pesantes, et chaque nature de molécule a un poids déterminé;

2° Les combinaisons chimiques s'effectuent contre les molécules;

3° Il existe un rapport simple entre les nombres des molécules qui s'unissent chimiquement;

4° Les fluides élastiques, dans les mêmes conditions de température et de pression, ont des poids spécifiques déterminés;

5° Il existe un rapport simple entre les volumes des fluides élastiques qui se combinent;

6° Ce rapport est le même que celui des molécules;

7° Il existe entre les densités des fluides élastiques les mêmes rapports qu'entre les poids moléculaires.

Ces relations ne peuvent exister qu'à la condition que les fluides élastiques contiendront des nombres égaux de molécules sous des volumes égaux. Si l'on réduit ces volumes à être assez petits pour qu'ils ne correspondent plus qu'à une seule molécule, il n'existera plus de différence entre les lois de Gay-Lussac et la loi d'Ampère et d'Avogadro.

[2] Les différences légères observées par M. Magnus et M. Regnault entre les coefficients de quelques gaz ne s'opposent point à l'adoption de cette loi. Elles paraissent, d'ailleurs, dues plutôt à des causes extérieures qu'à des causes propres aux fluides. (V. *Actes de l'Académie impériale de Bordeaux*, 1859, p. 311.)

les acides chloroïdhydriques ont une chaleur spécifique représentée par l'unité; celle des gaz formés de 1 volume d'un gaz + demi-volume d'un autre gaz, ont une chaleur spécifique représentée par $1 + \frac{1}{2}$; les gaz, qui, comme l'ammoniac, sont formés de $\frac{1}{2}$ volume + 1 volume et 1/2, ont une chaleur spécifique double.

Si l'on rapporte aux molécules des gaz ce qui vient d'être dit de leur volume, on voit que, dans les mêmes conditions d'existence, chacune d'elles occupe le même volume.

Cependant, la molécule étant formée d'un groupe défini de mérons et d'atomes (1), ce groupe peut être considéré comme occupant le centre de la petite partie de fluide élastique qui ne contient qu'une molécule; et cette petite partie, dont le volume peut varier par des différences de température et de pression, doit prendre le nom de *particule gazeuse*.

Les particules gazeuses exerçant une même action dans toutes les directions, et rien ne démontrant qu'elles se comportent comme si elles avaient des axes spéciaux ou une forme irrégulière, il en résulte que l'on peut les considérer comme ayant la forme d'une sphère.

En résumant ce qui précède, on peut dire :

Les particules gazeuses, considérées indépendamment les unes des autres, sont sphériques; à la même température et sous la même pression, elles ont toutes le même volume; elles sont éminemment élastiques; elles ont toutes le même coefficient de dilatation, et leur chaleur spécifique est la même pour toutes celles qui ont la même constitution, et est, d'ailleurs, proportionnelle au nombre entier ou fractionnaire des molécules qui les forment.

Après avoir défini la particule gazeuse et en avoir exposé les propriétés, il convient d'examiner ce qui arrive lorsque plusieurs particules se réunissent pour former une masse. Il résulte finalement de ce qui précède, que les particules gazeuses peuvent être considérées comme des sphérules dont le volume dépend uniquement

(1) Les mérons sont les éléments des molécules ou des groupes d'atomes qui les constituent. (V. *Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, t. II, p. 123.)

de leur température et de la pression à laquelle elles sont soumises.

Si plusieurs de ces particules se trouvent réunies, étant éminemment compressibles et élastiques, elles ne peuvent conserver la forme sphérique, et doivent prendre celle d'un polyèdre résultant de leur pression mutuelle.

Il résulte, d'ailleurs, de l'ensemble des propriétés mises en évidence et de l'égalité des particules gazeuses, quelle que soit leur nature, qu'un mélange de gaz, comme celui qui constitue l'atmosphère, qui est essentiellement formée d'oxygène, d'azote, d'acide carbonique et de vapeur d'eau, doit se comporter comme un gaz simple, à cela près des points symétriques qui doivent être occupés par des gaz déterminés, en raison du nombre relatif de leurs particules et de leur diffusion les unes dans les autres.

Les particules étant de même volume, sphériques, éminemment mobiles et soumises à une pression extérieure égale dans tous les sens, doivent se réunir de manière à ce que l'assemblage qu'elles forment occupe le plus petit espace possible. Au premier abord, il n'est que deux groupements qui paraissent pouvoir satisfaire à cette condition; et par une étude plus approfondie, on trouve qu'il n'en est qu'un seul.

J'appellerai *centre d'activité* le centre même des particules gazeuses, et, en général, d'une molécule, d'un méron, ou d'un système corpusculaire quelconque.

Si l'on réunit trois particules gazeuses, elles ne pourront prendre qu'un seul arrangement : leurs centres d'activité seront dans le même plan et aux sommets d'un triangle équilatéral. Si l'on en réunit quatre, elles pourront prendre deux positions régulières différentes l'une de l'autre : ou bien elles auront leurs centres d'activité dans un même plan et situés aux quatre angles d'un carré, ou bien elles seront disposées de telle manière que ces centres occuperont les quatre sommets d'un tétraèdre régulier.

Ce dernier groupement est plus stable que le premier; cela peut être démontré facilement. Si l'on comprime plusieurs particules élastiques, elles n'occuperont une position stable qu'autant qu'elles seront rapprochées de manière à laisser le moins d'espace libre entre elles; car, sans cela, il est évident que le moindre ébranlement détruirait l'arrangement existant, et que le système s'écroulerait pour arriver à une position plus stable. Or, cette situation

relative des particules n'a lieu que lorsqu'il n'existe que le plus petit espace possible entre elles, ou, en d'autres termes, lorsqu'elles occupent le plus petit espace possible.

Admettons pour un moment que les particules gazeuses ne subissent pas de déformation par leur contact, cela ne changera rien à la démonstration, et elles pourront être considérées comme des sphères égales entre elles.

Lorsque quatre sphères sont réunies dans le même plan, de manière que leurs centres soient aux quatre angles d'un carré, la distance qui existe entre leurs centres propres est à celle qui existe entre ces centres et leur centre commun $:: 1 : \frac{1}{2}\sqrt{2}$.

Lorsque quatre sphères sont disposées de telle manière que leurs centres se confondent avec les angles d'un tétraèdre régulier, la distance qui sépare les centres des sphères est à celle qui sépare ces centres de leur centre commun ou du centre du tétraèdre $:: \sqrt{2} : \frac{1}{2}\sqrt{3}$. Si l'on réduit ces valeurs en nombres et si l'on fait $\sqrt{2} = 1$, $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ devient 0,612.

On a ainsi, lorsque les distances des centres des sphères sont égales à l'unité, 0,707 pour la distance d'un centre de particule au centre du carré, et 0,612 pour la distance du centre d'une de ces particules au centre du tétraèdre. Donc, la distance qui sépare les centres des particules de leur centre commun est plus grande dans le groupement carré que dans le groupément tétraédrique; donc, ce dernier groupement est plus stable que le premier.

Il reste maintenant à rechercher si le groupement tétraédrique peut constituer une masse continue sans se déranger, ou s'il peut entrer normalement dans la formation d'un assemblage de particules ou de sphères égales.

S'il s'agissait de réunir des tétraèdres entre eux, on sait que cela est impossible : les tétraèdres, en conservant le parallélisme de leurs axes, laissent des espaces vides octaédriques, non réductibles en octaèdres réguliers; mais autre chose est d'avoir un groupement continu dans lequel le tétraèdre se retrouve en tous lieux, en faisant qu'une même sphérule puisse appartenir à plusieurs de ces solides de groupement. En effet, si l'on dispose des sphères sur

un plan de manière qu'elles se touchent toutes, et que les droites, passant par leurs centres, s'entrecoupent sous des angles de 60°, on pourra, sur ces sphères, en placer d'autres, et ainsi de suite. Si la base est en triangle équilatéral, on obtiendra un tétraèdre régulier. On pourrait ainsi construire des tétraèdres formés par une, quatre, dix, vingt, trente-cinq, cinquante-six..... sphères.

Le groupement ternaire donne naissance à des assemblages semblables à ceux d'une pile de boulets. Cet assemblage est encore le même si la pile de boulets est à base carrée. Seulement, le plan parallèle au sol, chez l'une d'elles, prend une position différente dans l'autre pyramide.

Dans un assemblage de cette nature, une sphère est en contact avec douze autres sphères égales. Cet assemblage de treize sphères, considéré à part, présente plusieurs conditions remarquables :

Dans l'une de ses coupes principales, on observe une sphère entourée de six autres sphères, dont l'une des sections représente six cercles tangents à un cercle commun, et égaux tous entre eux.

Il présente six faces formées de quatre mérons et pouvant être considérées comme les bases d'autant de pyramides rectangulaires ayant leur sommet au centre de l'assemblage, et huit faces triangulaires pouvant aussi être considérées comme les bases de tétraèdres dont les sommets se confondent avec ceux des pyramides précédentes ou avec le centre de l'assemblage.

Deux particules opposées peuvent être traversées par une ligne passant par le centre du système. Il en résulte six axes qui sont disposés entre eux exactement comme les axes dodécaédriques ou d'arêtes d'un cube.

Les axes des pyramides à bases carrées sont au nombre de trois, égaux et perpendiculaires entre eux comme les axes hexaédriques ou faciaux du cube.

Les axes des pyramides triangulaires sont au nombre de quatre, et disposés exactement entre eux comme les axes octaédriques ou angulaires du cube.

Or, il résulte de ce qui vient d'être dit, que ce groupement remarquable appartient au système cubique comme le groupement quaternaire ou parallélipipédique dont il sera bientôt question.

Un assemblage de particules gazeuses prenant le groupement ternaire, il en résulte qu'une particule est entourée de douze autres

particules; et que se déformant par la pression qu'elle subit, elle doit se transformer en un polyèdre à douze faces. Ces faces devant être normales à la direction de la pression, cette direction étant celle des axes dodécaédriques, *il en résulte que la particule gazeuse a la forme d'un dodécaèdre rhomboïdal.*

Les faces du dodécaèdre rhomboïdal étant parallèles deux à deux, les particules étant égales en volume et prenant des faces égales par la pression, il en résulte que ces particules peuvent former des files droites qui, rapportées à un centre commun, sont disposées exactement comme les axes dodécaédriques du cube, et forment entre elles des angles de 90 et 60°.

Les angles dièdres du dodécaèdre rhomboïdal étant de 120°, il en résulte qu'un dodécaèdre peut être interposé entre deux dodécaèdres formant une file; une face rhomboïdale étant entourée de quatre faces semblables, qui n'en sont séparées que par des arêtes, il en résulte encore que deux particules d'une file peuvent recevoir autour d'elles, et dans les angles rentrants qu'elles forment, quatre autres particules; une file de trois particules peut en recevoir huit, et ainsi de suite en remplissant les espaces vides. Il résulte de cet arrangement, qu'un assemblage de dodécaèdres rhomboïdaux remplit complètement l'espace sans laisser le mondre intervalle vide.

Il résulte des faits qui viennent d'être exposés, que *les fluides élastiques sont formés de particules ayant la forme du dodécaèdre rhomboïdal; que ces particules sont disposées en lignes droites lorsque les fluides sont à la même température et à la même pression dans toutes les parties, quelle que soit d'ailleurs leur nature; que ces files sont disposées entre elles comme les axes dodécaédriques du cube; qu'elles se réunissent pour former des lames, et que ces lames s'ajoutent les unes aux autres pour produire des masses.*

Constitution mécanique des liquides.

L'étude physique des liquides est moins avancée que celle des fluides élastiques; ils n'offrent plus la même simplicité que l'on observe dans toutes les lois relatives à ces derniers, et ils ne cristallisent point comme les corps solides.

Seulement, placés entre ces deux sortes de corps, et ne repré-

sentant qu'un état transitoire ou le passage de l'un à l'autre état, ils ont comme eux une composition définie. Contenant plus de chaleur que les solides qui peuvent leur donner naissance, et moins que les gaz dans lesquels ils se transforment, leurs particules présentent un état intermédiaire qui n'est ni solide ni gazeux. Elles ne sont point fixes les unes à l'égard des autres comme celles des corps solides, et elles ne jouissent point de la propriété de s'étendre indéfiniment selon l'espace qui leur est offert.

Les liquides, tels que nous les connaissons à la température ordinaire, sont plus ou moins éloignés de leur point de formation ou de leur passage de l'état solide à l'état liquide, et de leur transformation en fluides élastiques. Entre ces deux points extrêmes de leur existence, ils reçoivent de la chaleur et se dilatent peu à peu, jusqu'à ce qu'enfin, prenant tout à coup une quantité spéciale de chaleur qu'ils rendent latente, ils se transforment en fluide élastique.

Il résulte de cette observation, que les liquides ne sont comparables qu'à leur point de formation ou à la température à laquelle ils entrent en ébullition, ou à des températures également distinctes de l'un ou de l'autre de ces deux points extrêmes.

Il résulte des recherches qui me sont personnelles, que le poids spécifique des liquides d'origine organique, à la température où ils se forment par la fusion du corps solide dont ils proviennent, est donné d'une manière assez exacte par la formule suivante :

$$\frac{E}{n \,.\, 4{,}5} = d \text{ (1)}$$

formule dans laquelle E est l'équivalent d'un corps, n le nombre des équivalents élémentaires qui entrent dans sa constitution, 4,5 le demi équivalent de l'eau, ou la moitié de 9, et d sa densité.

Le facteur 4,5 étant invariable, il en résulte que l'on obtient les rapports du poids spécifique des liquides organiques en divisant l'équivalent d'un corps composé par le nombre des équivalents qui le constituent, ou par $\frac{E}{n}$. D'où il résulte encore que la densité des

(1) Cette formule ne peut être d'une exactitude absolue, mais elle suffit pour donner le résultat principal qu'il convient d'obtenir, c'est à dire l'inégalité des volumes des particules liquides.

liquides est la densité moyenne des éléments qui entrent dans leur composition.

Si l'on substitue $\frac{E}{n \cdot 4,5}$ à D dans la formule bien connue des densités : $P = VD$, on a $P = \frac{VE}{n \cdot 4,5}$.

Si l'on fait $P = 1$, et si l'on fait disparaître le nombre constant 4,5, on trouve $\frac{n}{V} = E$, qui indique que le volume de la particule liquide correspondant à l'équivalent est proportionnel au nombre des équivalents élémentaires qui forment la particule.

On déduit de cette observation que les particules élémentaires de carbone, d'hydrogène et d'oxygène qui entrent dans la composition des particules liquides ont sensiblement le même volume, et que finalement les particules liquides composées ont un volume proportionnel au nombre des molécules élémentaires qui entrent dans leur constitution (1).

On voit donc que les volumes des particules liquides, loin d'être égaux, comme ceux des particules gazeuses, varient considérablement. Par exemple : pour l'acide formique $C_2 H_2 O_4$, le nombre des particules élémentaires est 8, tandis qu'il est 68 pour l'acide cététnique ou palmitique $C_{32} H_{32} O_4$; d'où il résulte que la particule de ce dernier acide occupe un volume qui est plus de 8 fois plus considérable que celui de l'acide formique.

On sait, en outre, que les liquides, et, par suite, les particules qui les forment, ne subissent que de très faibles variations de volumes par les plus fortes pressions; qu'elles adhèrent légèrement entre elles, et qu'elles glissent très facilement les unes sur les autres.

Ce qui précède, et les notions générales que l'on possède sur la nature des liquides, conduisent à admettre que les particules liquides possèdent les propriétés suivantes :

1° Elles sont pesantes;

2° Leur volume est le même pour un même liquide, mais il varie d'un liquide à un autre;

3° Elles sont à peine compressibles;

4° Elles sont très mobiles;

(1) Les observations de M. Schröder conduisent aux mêmes résultats. (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XIII, p. 145.)

5° Il existe entre elles un équilibre tel, qu'elles adhèrent faiblement, et ne se repoussent point comme les particules gazeuses;

6° La forme des particules liquides est inconnue; mais on est conduit à admettre qu'elle pourrait varier, mais que celle des molécules élémentaires qui entrent dans leur constitution doit seule demeurer invariable.

Si, partant de ces conditions d'existence, on cherche quelle peut être la constitution mécanique d'un liquide déterminé, on arrive aux conclusions suivantes :

Des particules pesantes, de même forme et de même volume, glissant facilement les unes sur les autres, peu compressibles et adhérant légèrement entre elles, étant abandonnées à leurs propres forces dans un vase pouvant les contenir, doivent s'y mouler et avoir leur surface supérieure de niveau. Ces particules doivent forcément prendre l'arrangement le plus stable, et le même que les particules des gaz prennent entre elles; seulement les particules liquides ne prennent probablement point la forme du dodécaèdre rhomboïdal, mais celle de sphérules ou d'ellipsoïdes plus ou moins aplaties. Quoi qu'il en soit de ce dernier point, les particules liquides forment des files rectilignes qui s'entrecoupent entre elles comme les axes dodécaédriques du cube.

Ce fait nous est démontré d'ailleurs par la cristallisation de l'eau dans des vases transparents, et par celle du soufre : on voit que les files se solidifient en s'étendant avec une grande rapidité, et que, par leur adjonction avec d'autres files parallèles, elles donnent des cristaux prismatiques. C'est ce que l'on observe encore au microscope solaire lorsque l'on fait cristalliser des dissolutions salines, et notamment celle du chlorure ammonique (1).

(1) Les particules des fluides gazeux et liquides n'échappent point entièrement à l'observation, comme on pourrait le penser, sans un examen suffisamment approfondi.

Lorsqu'un gaz s'échappe du sein d'un liquide, comme l'acide carbonique qui abandonne l'eau gazeuse ou le vin mousseux, elles se présentent sous la forme d'une sphère d'un diamètre excessivement petit, dont le volume s'accroît rapidement par l'adjonction d'autres particules.

Cette formation des particules gazeuses peut être observée en plaçant une gouttelette de liquide sur le porte-objet d'un microscope.

Quant aux liquides, on sait que ceux qui ne mouillent pas les corps avec lesquels on les met en contact, comme le mercure reposant sur un plan de

Constitution mécanique des solides.

La structure immédiate des corps solides nous est révélée par l'observation directe. Non seulement plusieurs d'entre eux sont cristallisés, c'est à dire qu'ils prennent une forme déterminable géométriquement, mais ils présentent en outre des clivages qui conduisent à la connaissance de leurs parties constituantes.

Par *corps solides,* il ne faudra entendre, dans ce qui va suivre, que ceux qui ont une composition définie, et non des êtres plus ou moins compliqués, comme le granit, la houille, une plante, un animal.

Les corps solides définis se divisent en deux groupes fort distincts : ceux qui sont amorphes et ceux qui sont cristallisables.

Les corps amorphes, tels que les silex, les agathes, les verres, le soufre mou, le phosphore limpide et incolore (1), l'acide arsénieux vitreux, la cellulose, la fécule, la pectose, la gélatine, l'albumine sèche, etc., etc., sont formés de particules sphéroïdales réunies entre elles. Ces corps ont été liquides à une époque antérieure de leur existence, et la forme particulaire de leurs éléments immédiats est due à cet état sous lequel ils ont existé primitivement. L'arrangement que leurs parties ont entre elles, lorsqu'elles sont réunies en masse, est le même que celui des liquides. Un corps amorphe particulaire doit être considéré comme un liquide solidifié (2);

marbre, se divisent en gouttelettes excessivement tenues, et ayant une forme qui s'approche d'autant plus de celle de la sphère qu'elles sont plus petites. D'une autre part, si l'on divise un liquide dans un autre liquide visqueux ou mucilagineux avec lequel il est immiscible, il se réduit aussi en sphérules d'une grande ténuité, mais observables directement au microscope. Le lait et les émulsions artificielles contiennent des globules de corps gras ayant la forme indiquée.

Les granules qui forment la trame élémentaire de tous les tissus organiques ont la forme shpéroïdale, et doivent cette forme à ce qu'ils proviennent d'un liquide qui s'est divisé avant de se solidifier et de se réunir au tissu.

(1) On donne généralement le nom de *phosphore amorphe* au phosphore rouge; mais le phosphore incolore et limpide l'est à n'en pas douter.

(2) Ce sont ces corps qui se prêtent à la *dyalise.* Ceux qui voudront avoir de plus amples renseignements sur leur histoire pourront consulter mon *Traité de Chimie,* t. II, p. 433, 434, 482, 842 et suivantes. Ces corps se comportant d'une manière spéciale dans les réactions chimiques, j'ai cru devoir en faire une classe à part sous le nom de *corps particulaires.*

par conséquent, l'arrangement des particules qui constituent les corps amorphes est le même que celui que prennent entre elles les particules de ces derniers corps ; par conséquent, ces particules sont disposées en files droites déterminées.

J'ajouterai comme renseignement, que ces corps ne rétablissent point le passage de la lumière polarisée, interrompu par le croisement des plans de polarisation de deux analyseurs, excepté quand ils jouissent de la polarisation chromatique.

Les corps cristallisés se divisent aussi en deux groupes fort distincts : les uns sont formés de particules ayant pris l'arrangement ternaire ou pyramidal; les autres sont dues au groupement quaternaire ou parallélipipédique.

Les éléments des particules des corps solides possèdent des axes spéciaux qui se retrouvent dans les particules qu'ils forment. Ces particules adhèrent fortement les unes aux autres; elles sont disposées en files déterminées constituant des plaques et des solides. Ces plaques peuvent souvent être séparées par des actions mécaniques, et conduisent sûrement à l'obtention de parties qui présentent les principales propriétés des particules des corps solides.

Si ce n'est que je tiens à exposer les différences observées dans les corps solides par suite des groupements fondamentaux des particules qui les forment, je n'aurais plus rien à ajouter : la cristallisation et les clivages démontrent d'une manière évidente et suffisante que les particules des corps solides sont disposées en files droites dont les positions relatives sont déterminées.

La fluorite et le salmare, ou si l'on veut le spath-fluor et le sel gemme, cristallisant tous deux dans le système cubique, leur forme dominante porterait à penser que leur structure est la même; pourtant il n'en est rien : la fluorite est clivable parallèlement aux faces d'un tétraèdre régulier, et le sel gemme est clivable parallèlement à celles d'un cube.

La fluorite donne facilement par le clivage des tétraèdres, des octaèdres, et même des rhomboèdres aigus, que l'on peut considérer comme formés par la réunion immédiate d'un octaèdre régulier et de deux tétraèdres de mêmes bases (1).

(1) J'ai vu dans la collection de Pelletier, appartenant aujourd'hui à M. Meillet, un magnifique cristal de spath-fluor, limpide, incolore, obtenu par le clivage, et ayant la forme du dodécaèdre rhomboïdal.

Le sel gemme est clivable parallèlement aux faces d'un cube.

On est en droit de conclure de ces deux ordres de groupement que le premier appartient à l'arrangement ternaire ou pyramidal, et que le second appartient à l'arrangement quaternaire ou parallélipipédique.

Il suffit de faire varier les angles que les files de particules forment entre elles, et par suite ceux des plans de clivage, ainsi que leur plus ou moins de netteté, pour obtenir toutes les formes fondamentales. Le spath d'Islande, dont les clivages sont si nets, appartient au groupement prismatique; il en est de même du gypse.

L'aigue-marine et l'émeraude paraîtraient appartenir à un troisième groupement : clivables perpendiculairement à l'axe de cristallisation, elles semblent formées de primes triangulaires à bases équiangles. Il n'est pas impossible que l'arrangement ternaire ait lieu dans des plans perpendiculairement à l'axe des cristaux, mais que les particules soient superposées de telle manière qu'elles forment des files parallèles à l'axe de cristallisation.

La topaze conduirait à des résultats analogues; seulement, les prismes ne seraient point à bases équiangles, mais isocèles.

Ce serait là un mode de groupement intermédiaire aux deux précédents.

Il y aurait donc trois sortes de particules fondamentales :

Des particules pyramidales, à base triangulaire, comprenant le tétraèdre régulier, mais pouvant conduire à d'autres systèmes : au rectangulaire et au clinaxique.

Des particules en prismes, à bases triangulaires, donnant naissance à des cristaux en prime hexaèdre ou triangulaire, et à des cristaux en prismes à bases rhomboïdales.

Des particules prismatiques, à bases tétragonales ou parallélipipédiques, pouvant donner naissance à des cristaux de tous les systèmes cristallopaphiques connus, soit aux systèmes régulier, rhomboédrique, à bases carrées, à bases rectangulaires, hortoclinaxique et clinaxique.

Haüy est arrivé à des résultats analogues par des considérations appartenant à l'ordre analytique plutôt qu'à l'ordre synthétique. (Voy. *Traité de cristallographie,* t. I, p. 44 et suiv. Paris, 1822.)

Nos résultats, quoique identiques, diffèrent cependant essentiellement, en ce que cet illustre savant admettait que le dédocaèdre rhomboïdal est réductible en quatre rhomboèdres formés chacun de six tétraèdres, soit de vingt-quatre tétraèdres, ou qu'il provenait de la réunion de vingt-quatre de ces solides; tandis que pour les fluides élastiques, j'admets que les tétraèdres sont produits par des groupements de dodécaèdres, et qu'il faut au moins quatre de ces derniers pour produire le plus petit tétraèdre possible.

Afin qu'il n'y ait aucune espèce de confusion ni d'ambiguïté dans ce qui vient d'être dit, il faut remarquer que les trois ordres de particules dont il vient d'être question sont formés par la réunion de particules plus élémentaires encore; par exemple, que les pyramides ou les tétraèdres provenant du clivage que l'on peut opérer par la pensée dans un fluide élastique, sont formés de particules dodécaédriques, et qu'il faut au moins quatre de ces plus petites particules dodécaédriques pour en constituer une tétraédrique; de même qu'il faut au moins huit particules parallélipipédiques pour en constituer une d'un ordre plus élevé.

DISCUSSION DE LA THÉORIE DE L'ÉTHER ET DES ONDES LUMINEUSES.

Constitution mécanique du fluide éthéré.

Quoique l'existence de ce fluide soit hypothétique, on n'a pu le faire intervenir dans l'explication des phénomènes lumineux sans lui accorder un certain nombre de propriétés.

Tous les physiciens et les géomètres qui s'en sont occupés, le considèrent comme un fluide formé de parties séparées et tenues en équilibre à une certaine distance les unes des autres.

Descartes, qui est l'un des initiateurs modernes de la théorie de l'éther, a imaginé un fluide qui fait exception à cette définition. Il considérait l'espace comme étant complètement rempli, et, par conséquent, il admettait que les parties élémentaires du fluide se touchaient les unes les autres; mais cette opinion n'a été adoptée par aucun physicien moderne, même par de Boucheporn, que l'on

peut à juste titre considérer comme le continuateur de cet illustre philosophe.

L'opinion des physiciens et des géomètres qui admettent des molécules éthérées qui oscillent et vibrent, conduit encore à un arrangement défini. Effectivement, si le fluide éthéré est formé de parties, si ces parties ne se touchent point, si elles sont mobiles et soumises à des forces égales dans toutes les directions, il résulte de cette définition, à laquelle on ne peut se soustraire, que les éléments du fluide éthéré sont disposés régulièrement dans l'espace. Les phénomènes lumineux démontrent d'ailleurs que ce doit être un milieu isotrope, et il en résulte forcément que les éléments de ce milieu, quels qu'ils soient, sont disposés en files déterminées exactement comme les particules d'un fluide élastique.

Questions relatives à la théorie des ondulations lumineuses.

Il reste maintenant quelques questions à examiner : 1° *Un rayon de lumière rencontre-t-il toujours une file de molécules dans sa direction?* — 2° *Les mouvements qui transmettent la lumière s'exécutent-ils perpendiculairement à la direction des rayons lumineux?*

1re QUESTION. — Un rayon lumineux rencontre-t-il toujours une file de molécules dans sa direction?

La structure des milieux, quels qu'ils soient et quels qu'on puisse les supposer [1], ne permet pas d'admettre cette hypothèse, et l'on peut répondre sans hésiter : *Non, les rayons lumineux ne peuvent*

[1] Il y aurait une exception pour un milieu plein, homogène, non formé de parties, et que nous ne pouvons comprendre. Mais un pareil milieu ne peut être formé de molécules et n'est pas compris dans la question posée.

Ce milieu étant homogène et divisible, se partagerait en parties qui ne se reproduiraient jamais les mêmes, et qui ne pourraient donner naissance à des corps d'une nature déterminée.

Si un milieu n'était pas formé de parties *déterminées* et *invariables*, on ne pourrait comprendre les variations de volumes produites par la chaleur, ni le changement d'état des corps, ni les combinaisons chimiques, ni les proportions dans lesquelles elles ont lieu.

toujours se trouver dans la direction d'une file d'éléments matériels d'un ordre quelconque. Cela est d'une impossibilité absolue.

On pourrait peut-être dire : Mais cette impossibilité n'existe que dans une condition déterminée; car, qu'est-ce qui empêche les particules de se ranger dans la direction des rayons lumineux?

On peut répondre à cette objection que cela ne peut avoir lieu dans les corps solides dont les particules élémentaires sont relativement fixes.

Il faut observer, en outre, que *ce ne sont point les mouvements des particules, telles que nous les avons définies, qui transmettent la lumière, mais ceux des éléments des molécules auxquelles elles doivent leur existence.* Jamais les particules d'un corps, quel qu'il soit, ne sont déplacées lorsqu'il transmet la lumière; ce sont les vibrations des parties les plus intimes qui les constituent qui opèrent cette transmission.

On pourrait ajouter encore : Mais il ne faut pas transporter à la matière des propriétés qui n'ont été accordées qu'au fluide éthéré; et si les particules matérielles ne se déplacent point, l'éther peut le faire. A cela, il y a deux réponses à faire :

1° Si un point lumineux est situé dans l'espace ou dans un milieu, il rayonne dans toutes les directions sans le moindre intermédiaire, et il n'en peut être de même des files de particules qui, à partir de ce même point, rayonnent dans des directions déterminées.

2° Les physiciens, par suite des phénomènes présentés par la lumière polarisée sous l'influence des corps cristallisés, sont obligés de reconnaître que la disposition des parties matérielles qui ressort évidemment de la forme des cristaux, exerce une influence réelle sur la lumière; or, pour être conséquent, il faut admettre qu'il y a des variations de densité dans le fluide éthéré, et que ces variations sont en rapport avec l'arrangement des parties matérielles; or, si cela est, on ne peut admettre, par exemple lorsque la lumière traverse simultanément une sphère de verre dans plusieurs directions, qu'il y a eu un déplacement de fluide éthéré, pour présenter toujours des files de molécules ou d'atomes dont on s'est surtout servi pour expliquer les phénomènes de la lumière polarisée.

2e Question. — Les mouvements oscillatoires des molécules qui transmettent la lumière se font-ils perpendiculairement à la direction du rayon lumineux?

La première question étant résolue négativement, celle-ci doit l'être également; car il est évident que, s'il n'y a pas nécessairement des files d'éléments corpusculaires dans la direction du rayon lumineux, les oscillations supposées ne peuvent avoir lieu; puisque la molécule manque où on la suppose, on ne peut admettre qu'elle exécute le mouvement qu'on lui attribue et qui est tout à fait subordonné à sa situation.

Ce phénomène ne peut se présenter dans un milieu quelconque.

Mais il ne suffit pas de détruire une théorie aussi riche en déductions; il convient au moins de rechercher comment les travaux des géomètres pourraient trouver une raison d'être.

Cherchons donc quels sont les mouvements qui pourraient tenir lieu de ceux que l'on a supposés, et qui, au besoin, pourraient en être considérés comme l'origine.

Pour cela, nous nous adresserons à un corps cristallisé, un des plus et des mieux connus; nous rechercherons sa structure la plus intime, et nous verrons comment les éléments constituants de ce corps pourront et devront se mouvoir pour produire les phénomènes observés.

Ceux qui tiennent à la théorie de l'éther pourront substituer à ces éléments de petites masses de fluide éthéré plus ou moins condensées, selon la nature des éléments constituants de la masse, et il n'y aura rien à changer à la démonstration.

Soit un rhomboèdre de spath d'Islande, dont les dimensions relatives sont celles qui lui sont assignées par la cristallographie.

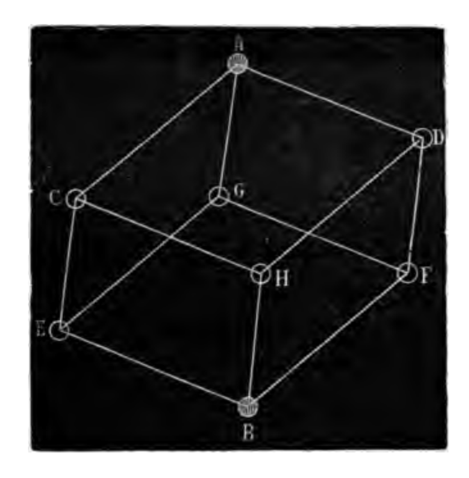
Dans ce corps, il y a six faces identiques, douze arêtes de deux espèces, six culminantes, six latérales, et enfin huit angles solides trièdres, dont deux d'une espèce formant les sommets, et six d'une autre espèce, tous égaux entre eux, situés autour de l'axe principal qui passe par les deux premiers angles.

Dans cette condition, recherchons quelle peut être la constitution mécanique, non plus de la particule, mais de la molécule chimique qui lui donne naissance.

Nous admettrons que l'identité cristallographique des parties entraîne avec elle l'identité de la nature des éléments qui représentent ces parties.

Six faces identiques, représentées par six parties identiques, ne pourraient conduire à former un rhomboèdre ; car six parties de même nature, en se groupant entre elles, donneraient naissance à un hexaméron régulier, représentant la forme de l'octaèdre régulier.

Douze arêtes de deux espèces, disposées six par six, ainsi que cela a été dit, conduiraient à un dodécaméron ayant un axe octaédrique spécial et convenant au système rhomboédrique. Nous pourrions prendre ce groupement pour base de nos recherches ; mais nous adopterons le suivant, qui conduit plus simplement et plus directement au but.



Huit angles, dont deux d'une espèce et six d'une autre espèce, remplacés par huit mérons, dont la nature serait en harmonie avec celle des parties, donneraient un octoméron ayant un axe spécial, autour duquel se trouveraient rangées six parties identiques et conduisant à la structure du rhomboèdre.

Si un rhomboèdre de spath d'Islande est traversé par la lumière dans tous les sens, mais principalement par des rayons perpendiculaires à ses faces, il est évident que ses éléments constituants ne pourront se mouvoir à la fois dans toutes les directions, et que la superposition des mouvements n'est pas applicable et deviendra impossible dans cette circonstance, sans que chaque ordre de mouvement en soit troublé.

Il faut donc que les éléments constituants du rhomboèdre exécutent des mouvements qui conviennent à toutes les directions à la fois ; or, cela ne peut avoir lieu que d'une seule manière.

Une molécule rhomboédrique, constituée selon les conditions qui viennent d'être adoptées, présente deux sortes de coupes qui comprennent chacune quatre éléments constituants : 1° trois coupes verticales ou principales, identiques, et dont une seule figure rendra un compte exact; 2° trois coupes latérales passant par les grandes diagonales des faces opposées.

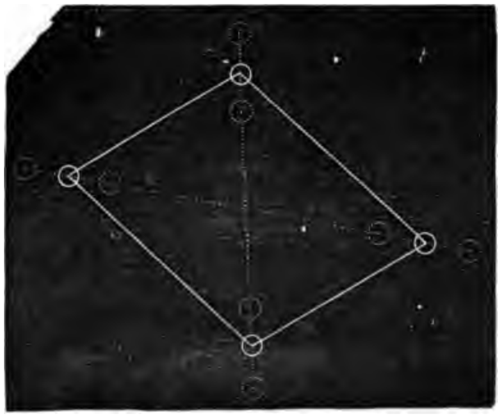
La première coupe est un parallélogramme obliqu'angle; la seconde est un rectangle.

Si un faisceau lumineux, formé de rayons parallèles, entre normalement par la face ACHD, les éléments CD, pour satisfaire à la condition adoptée, devraient se mouvoir dans le plan de cette face, et selon la diagonale CD. Les éléments AH devraient se mouvoir dans la direction de la diagonale AH.

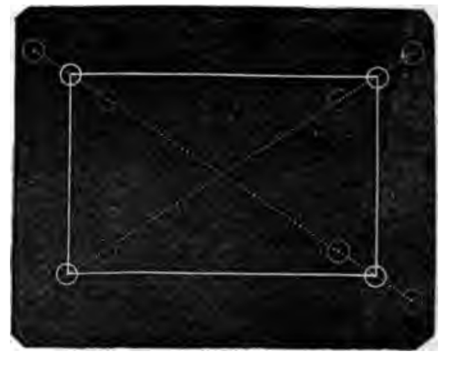
Si l'on considère une autre face du rhomboèdre, par exemple la face ADFG, on verra qu'en même temps que l'élément D se mouvrait de D en C, il devrait aussi se mouvoir de D en G. De plus, il serait encore sollicité à se mouvoir selon la diagonale DB. Or, cela est impossible, et les moindres notions de la composition des vitesses indiquent qu'il ne pourrait parcourir que la résultante de ces trois directions. Or, cette résultante est dirigée exactement vers le centre de la molécule. Il en serait de même des éléments A et B, qui, sollicités dans trois directions différentes, selon les diagonales AE, AF, AH et BC, BD, BG, se dirigeraient aussi vers le centre de la molécule et parcourraient aussi une partie de l'axe principal.

Or, ces mouvements, représentés dans les plans où ils s'exécutent, seraient les suivants :


Coupe verticale en parallélogramme obliqu'angle.



Coupe latérale rectangulaire.



On voit, par ces coupes, quelle est dans chacune d'elles la direction des trajectoires des éléments constituants des molécules. Dans aucun cas, elle n'est perpendiculaire à la direction du rayon lumineux (1).

On voit, par ce qui précède, que les éléments constituants du spath d'Islande se meuvent dans des plans, il est vrai, mais dans des plans déterminés, et dont la position est invariablement enchaînée à celle du corps cristallisé.

On remarque encore que les éléments n'exécutent point des vibrations perpendiculaires à la marche du rayon lumineux, mais obliques et formant des angles déterminés dépendant de la structure des corps.

Ce qui a été dit des particules matérielles constituant les corps cristallisés peut s'appliquer parfaitement à l'éther condensé qui les entoure. Si les géomètres, abandonnant l'étude de la nature, veulent continuer le développement d'une théorie purement spéculative, ils devront prendre en considération les faits qui viennent d'être énoncés, et l'on verra alors, ce que j'avais principalement pour but de démontrer dans ce travail, que les prétendus mouvements des corpuscules éthérés sont les résultats des mouvements réels exécutés par les parties les plus élémentaires des corps.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Il résulte de l'ensemble des faits étudiés dans ce travail, que les milieux transparents, qu'ils soient gazeux, liquides ou solides, sont formés de particules disposées en files droites faisant entre elles

(1) Un autre mouvement fondamental serait encore possible. Ce serait pour les particules constituantes A et B un mouvement circulaire, perpendiculaire à l'axe principal. Les mérons latéraux exécuteraient des mouvements elliptiques dans des plans perpendiculaires à la ligne qui les joint au centre. Beaucoup d'autres mouvements plus compliqués sont encore possibles et feront l'objet d'un travail ultérieur. Par exemple, la combinaison des deux mouvements précédents donnerait lieu pour A et pour B à des spirales ellipsoïdales, etc.

des angles déterminés, et dont la réunion constitue des plaques qui s'entrecoupent sous des angles également déterminés; que ces plaques, enfin, forment des masses dont la structure est nettement définie.

Le fluide hypothétique qui a reçu le nom d'*éther,* d'après les propriétés qu'on lui suppose et les fonctions qu'on lui attribue, ne peut pas être constitué autrement que les milieux précédents, c'est à dire que ses parties élémentaires doivent être rangées avec ordre et symétrie et former des files occupant des positions relatives déterminées.

Les milieux transparents pouvant être traversés par la lumière dans tous les sens, et les files corpusculaires occupant des positions déterminées, on est conduit à reconnaître que chaque rayon lumineux ne peut rencontrer une file de particules dans sa direction, ou que cela ne peut avoir lieu que par exception.

Il faut reconnaître encore, ce qui est, que la lumière peut cependant se propager en dehors de ces files de particules.

On a vu de plus, enfin, que les mouvements vibratoires des particules, de tel ordre et de telle nature qu'elles soient, car tous les milieux peuvent être substitués les uns aux autres en y comprenant l'éther, ne se font pas nécessairement dans une direction perpendiculaire à l'axe de propagation de la lumière.

Les mouvements généralement admis pour expliquer les phénomènes de l'optique doivent être considérés comme les résultantes de composantes faisant des angles déterminés pour chaque cas, mais variables pour chacun d'eux avec la direction du rayon lumineux.

Avec ces modifications, contenues d'ailleurs dans les travaux de Cauchy, et devenues absolument indispensables, puisque l'on ne peut persister dans une erreur qui est démontrée, la théorie qui suppose l'existence d'un fluide éthéré sera-t-elle irréprochable? deviendra-t-elle l'expression exacte des faits?

Je ne le pense pas; cette théorie sera toujours insuffisante. Elle nécessitera de recourir à la structure réelle des corps; car, sans cette dernière partie, elle sera arrêtée dans son essor et demeurera improductive.

Or, s'il en est ainsi, ne convient-il pas de substituer la réalité à un fluide hypothétique, qui a conduit à de brillantes découvertes,

il est vrai, mais qui va demeurer stérile vis à vis des développements ultérieurs de la science?

L'invention du fluide éthéré et du mouvement ondulatoire de la lumière n'a donné jusqu'à ce jour que les premières déductions d'un théorème général; mais il faut aller plus loin, il faut en venir à l'application; il faut remonter à la structure réelle des corps; après avoir posé les bases sur lesquelles repose ce théorème, il faut de la résultante passer à ses composantes, il faut le développer et en déduire toutes les conséquences pratiques et réelles dont il est susceptible.

Au premier abord, on a conçu l'idée d'un mouvement ondulatoire dans un fluide; puis la polarisation de la lumière a conduit à admettre des files de molécules dans la direction des rayons lumineux, puis les vibrations transversales des corpuscules élémentaires du fluide. Il est démontré aujourd'hui que cette disposition n'est qu'un cas particulier, qu'un accident qui ne représente pas le phénomène dans toute sa réalité. Il a fallu pour cela recourir à la structure réelle des milieux. Pourquoi ne pas suivre ces indications; pourquoi ne pas marcher dans cette voie qui est celle de la nature, la seule voie, celle qui peut conduire à la connaissance réelle de ce qui est, celle qui relie les phénomènes avec les êtres qui les produisent?

En suivant les indications contenues dans ce travail, on est conduit immédiatement à rechercher le mode de propagation de la lumière dans les milieux isotropes pyramidaux ou parallélipipédiques; puis dans les milieux hétérotropes pyramidaux, prismatiques et parallélipipédiques, dont la structure nous est si facilement donnée par la combinaison des lois de symétrie des cristaux reliées à la nature chimique des éléments qui les forment.

N'y a-t-il point là une suite de théorèmes du premier ordre à traiter, théorèmes qui en amèneront d'autres, et qui permettront à la science de progresser dans la voie de la réalité et probablement de parvenir à soumettre les actions chimiques au calcul?

Ce dernier vœu pourra paraître téméraire; cependant il ne se réalisera probablement qu'en suivant la voie que j'indique; car ce n'est que lorsqu'on connaîtra nettement les molécules et les actions qu'elles exercent les unes sur les autres dans un assemblage ou système défini, que l'on pourra arriver à comprendre comment

ces molécules se divisent pour se pénétrer et donner naissance à de nouveaux assemblages.

J'ose espérer que les développements dans lesquels j'entrerai dans les Mémoires qui suivront celui-ci, et dont les cadres sont complètement arrêtés dès à présent, signaleront un premier pas dans cette voie du progrès; et l'on verra que la théorie des mouvements vibratoires des éléments corpusculaires convient à la chimie comme à la physique, et que ce qui sera fait pour cette dernière science deviendra une introduction indispensable pour la première, un de ces degrés sur lesquels il faut se reposer et que l'on ne peut franchir sans risquer de tomber dans l'erreur.

Reste une dernière question. On dira : comment voulez-vous que l'on renonce à l'éther, puisque sans lui on ne peut expliquer la propagation de la lumière et des autres agents généraux de la nature?

A cela, il est facile de répondre : à quoi bon expliquer cette transmission; ne suffit-il pas de savoir qu'elle existe et d'en connaître les lois? Notre esprit ne nous abuse-t-il pas lorsqu'il veut transporter dans le domaine de ces agents les observations grossières dont nous sommes à chaque instant témoins? Celui qui ne peut comprendre la transmission de la lumière sans l'existence d'un fluide spécial, n'est-il pas dans le cas de celui qui, ayant vu couler des liquides dans des canaux et des tubes, ne pourrait comprendre le passage de l'électricité dans un fil de métal ne présentant aucun canal, ni conduit à son intérieur?

La gravitation, la lumière, la chaleur, l'électricité et le magnétisme transmettent leurs actions à distance et sans l'intermédiaire d'aucun fluide. Cela doit être ainsi, puisque le contact réel et absolu ne peut exister dans la nature.

En refusant à l'éther la propriété de pénétrer dans tous les corps et de remplir les fonctions que rationnellement nous devons attribuer aux parties constituantes de ces mêmes corps, je n'ai pas la pensée de nier qu'il puisse exister un fluide quelconque dans les espaces sidéraux. Il est très possible que la matière puisse exister sous un quatrième état que nous ne connaissons point par l'observation directe. Que lors du départ qui se forme dans la création des astres, les produits se superposent, en matière dense, au centre; en liquide, au-dessus des solides; en fluides élastiques,

au-dessus des liquides; et enfin, en fluide éthéré, au-dessus de ces derniers.

La nature des fluides qui entourent notre globe, la perte de l'air qui pourrait avoir lieu dans l'espace à l'endroit même où la force centrifuge fait équilibre à la pesanteur, là où rien ne peut retenir des particules qui s'échapperaient sans cesse; la diminution lente, mais éminemment probable de l'eau à la surface du globe, ainsi que l'a écrit de Maillet (Telliamed); sa perte irréparable dans les espaces planétaires; toutes ces observations conduisent à penser que ce même espace renferme les mêmes éléments que l'air : de l'oxygène, de l'azote, de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, et qu'il représente un réservoir général où les astres puisent leurs atmosphères, au moins dans notre système planétaire.

La très basse température de ces espaces, qui a été évaluée à environ — 50° par différentes méthodes et par plusieurs savants, donne toutefois lieu de penser que cette perte, en ce qui concerne la vapeur d'eau, serait excessivement faible.

On pourrait donc, sans avoir à surmonter de très grandes difficultés, trouver la tension de cet air et la quantité de vapeur d'eau qu'il renferme.

Ce serait ce fluide qui retarderait la transmission de la lumière; car, sans cela, elle devrait être instantanée dans le vide absolu, quel que soit l'espace qu'elle aurait à franchir.

Depuis quelques années, les découvertes que les astronomes ont faites à l'aide d'excellents télescopes, l'étude de la voie lactée et des nébuleuses, ont porté à penser que l'éther devait être la matière atomique ou la plus élémentaire répandue dans tout l'espace, et que cette matière se condensant selon certaines lois pourrait constituer, par une action lente, mais permanente, tous les astres et tous les corps observables.

Rien de plus beau, rien de plus grand qu'une pareille idée, et je dirai même rien de plus probable.

Si les gaz très dilatés qui peuvent exister dans les espaces sidéraux sont insuffisants pour expliquer les phénomènes mécaniques qui s'y accomplissent, il faudra l'admettre, et l'on aura les premiers éléments de la théorie générale de la formation de l'univers : unité d'origine, de nature et de puissance!

Mais encore une fois, cela ne veut point dire que ce fluide

pénètre partout; qu'il existe dans le vide pneumatique et dans le vide barométrique; qu'il existe dans les corps; que, malgré l'immense faiblesse de sa masse, il fait entrer en vibrations toutes leurs parties constituantes, et qu'il communique à chacune d'elles les mouvements justement nécessaires pour produire de la chaleur, de la lumière, de l'électricité et du magnétisme.

Ne vaudrait-il pas mieux admettre que l'éther non seulement est partout, mais que tout est formé d'éther plus ou moins condensé, et qu'il n'est pas besoin qu'il pénètre et circule dans les corps pour mettre leurs parties en mouvement? Mais la théorie de l'éther ainsi modifiée ne différerait pas sensiblement de celle que je m'efforce d'établir.

NOTE

SUR

LES RELATIONS QUI EXISTENT ENTRE LES DIFFÉRENTES PARTIES DU CUBE

ET CELLES DES SOLIDES QUI EN DÉRIVENT CRISTALLOGRAPHIQUEMENT

PAR A. BAUDRIMONT

Le travail qui précède cette Note et d'autres travaux beaucoup plus anciens ont exigé de ma part des recherches sur les relations géométriques qui existent entre le cube, le tétraèdre régulier, l'octaèdre régulier, le dodécaèdre rhomboïdal et les sphères qui sont inscrites dans ces solides ou qui leur sont circonscrites.

J'ai depuis longtemps remarqué qu'en prenant pour point de départ les valeurs relatives des trois sortes d'axes du cube, on obtenait pour les autres solides des valeurs généralement simples et très faciles à déduire les unes des autres.

On sait que ces axes sont entre eux comme le côté d'un cube est à la diagonale d'une de ses faces et à l'axe qui le traverse d'angle an angle, ou comme $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$.

Prenant le cube pour point de départ, j'ai trouvé les volumes relatifs du tétraèdre, de l'octaèdre et du dodécaèdre rhomboïdal, inscrits dans ce solide, par la méthode des troncatures qui est employée en cristallographie pour faire voir les rapports que les formes ont entre elles.

Cette méthode conduit rapidement au résultat, et pour ainsi dire sans travail. En effet, il suffit, par la pensée, de réduire le cube en prismes ou en pyramides, et d'en extraire successivement des prismes ou des pyramides dont les rapports des bases et des hauteurs sont connus.

On obtient encore très facilement le même résultat si l'on considère chaque solide comme étant formé de pyramides ayant leur sommet à son centre, et ses faces pour bases.

Le produit de la surface d'une de ces bases b, multipliée par leur nombre n, et par le tiers de la partie de l'axe $\frac{a}{3}$ comprise entre le centre figure ou de gravité du solide et d'une de ses bases, pour avoir le volume cherché V :

$$\frac{b\ n\ a}{3} = V.$$

Le rectangle construit avec le côté du cube pris pour unité et la diagonale d'une de ses faces valant $\sqrt{2}$, jouit de propriétés excessivement remarquables; il permet, par quelques lignes, que l'on en tire toutes les valeurs fondamentales des solides et des sphères qui dérivent du cube.

Ce rectangle est tel, que, si on le partage en deux parties égales par une ligne parallèle à ses petits côtés, on obtient deux nouveaux rectangles semblables au premier, c'est à dire dont les côtés sont proportionnels à ceux du grand rectangle.

Une diagonale fait naître deux triangles rectangles dont les dimensions relatives sont connues, et sont celles qui ont été indiquées précédemment : 1, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$ (1).

Cette figure donnant d'autres triangles semblables aux précédents et qui peuvent être utilisés, on en tire immédiatement les dimensions relatives par une suite de proportions toujours faciles à poser.

La valeur de chaque angle peut être déduite facilement des dimensions de ses côtés. En général, il convient d'opérer sur la moitié de l'angle : on obtient toujours ainsi un triangle rectangle auquel on peut appliquer les tables trigonométriques.

Je donne ici la figure fondamentale dont toutes les dimensions sont déduites.

Cette figure est suivie d'un tableau qui indique les lignes et les angles utilisables. Enfin, j'ai réuni dans un autre tableau toutes les valeurs relatives aux solides dont il est ici question.

M. Bérolle a déjà fait un travail analogue, qui a été publié dans le *Cosmos*, t. XVI, p. 457. On trouve, dans le tableau qu'il a donné, les valeurs relatives au dodécaèdre pentagonal et à l'icosaèdre réguliers dont je ne me suis point occupé; mais il n'a rien donné sur le dodécaèdre rhomboïdal.

(1) Ces valeurs conviennent aux trois espèces d'axes du cube, lorsque l'on prend l'axe hexaédrique pour unité.

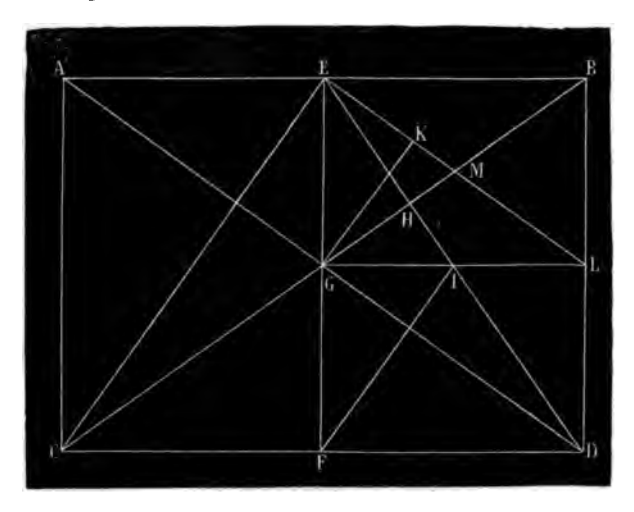
Notre point de départ et nos formules n'étant point les mêmes puisque les unités adoptées par nous sont différentes, j'ai cru devoir publier le résultat de mes recherches, pensant qu'il pourra être de quelque utilité.

Il reste encore à trouver les dimensions relatives du trapézoèdre et du scalénoèdre. N'en ayant point eu besoin, j'ai cru devoir laisser ce travail à faire à ceux qu'il pourra intéresser.

Toutes les parties qui appartiennent aux quatre solides considérés dans cette Note étant disposées régulièrement autour du centre du cube générateur, situé en G, ce point représente les centres de gravité de tous ces solides.

La ligne EH est le tiers de ED, et IH est le tiers de IE. Il s'ensuit que le point H est au centre de gravité de la face du tétraèdre ou de l'octaèdre inscrit dans le cube. La face de l'octaèdre inscrit a ses dimensions linéaires une fois plus petites que celles du tétraèdre; mais elle est renversée relativement à celle de ce dernier solide; cela permet de comprendre comment le point H est au tiers de la hauteur de chacune de ces faces : le tiers de l'une étant ainsi les deux tiers de l'autre.

On voit encore par cette figure que la ligne passant par le sommet du tétraèdre et par son centre de gravité vient aboutir au milieu des faces de ce dernier ou à leur centre de gravité, et que celui du solide rencontre cette ligne ou cet axe au quart de sa hauteur, à partir de la base; car GH est le quart de CH.



Valeurs déduites de la figure construite avec les trois dimensions linéaires du cube, ou avec ses trois sortes d'axes, ayant une valeur relative de $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$.

DIMENSIONS LINÉAIRES.

Indications.	Valeurs.	Application aux principaux éléments du système cubique.
AC	1	Arête et axe hexaédrique du cube.
EG	$\frac{1}{2}$	Rayon de la sphère inscrite dans le cube.
CB	$\sqrt{3}$	Axe octaédrique du cube et du tétraèdre.
GB	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	Demi-axe octaédrique du cube. Rayon de la sphère circonscrite au cube et au tétraèdre.
HB = 2 GH	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	Axe octaédrique de l'octaèdre.
CH	$\frac{2}{3}\sqrt{3}$	Axe octaédrique du tétraèdre.
GM	$\frac{1}{4}\sqrt{3}$	Arête du dodécaèdre rhomboïdal.
GH	$\frac{1}{6}\sqrt{3}$	Rayon de la sphère inscrite dans le tétraèdre et dans l'octaèdre.
AB	$\sqrt{2}$	Diagonale d'une face du cube. Axe dodécaédrique et arête du tétraèdre.
EB	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	Rayon de la sphère tangente aux arêtes du cube. Axe dodécaédrique du tétraèdre, de l'octaèdre et du dodécaèdre rhomboïdal.
GI	$\frac{1}{4}\sqrt{2}$	Rayon de la sphère inscrite dans le dodécaèdre rhomboïdal et de celle tangente aux arêtes de l'octaèdre.
ED	$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$	Hauteur d'une face du tétraèdre.
GK	$\frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{3}}$	Rayon de la sphère tangente aux arêtes du dodécaèdre.
EK	$\frac{1}{2\sqrt{3}}$	Partie de l'arête du dodécaèdre rhomboïdal, allant du sommet de l'angle tétraédrique au point tangent à la sphère inscrite.

ANGLES.

ADE	19° 28' 16"	Inclinaison d'une face du tétraèdre sur l'axe octaédrique.
ADC	35° 15' 52"	Inclinaison d'une face du cube ou d'une arête du tétraèdre sur l'axe octaédrique.
CDE	54° 44' 8"	Inclinaison d'une arête du cube et d'une arête du dodécaèdre rhomboïdal sur l'axe octaédrique, d'une arête du tétraèdre sur une face de ce solide, et d'une arête de l'angle trièdre du dodécaèdre rhomboïdal sur l'axe octaédrique.
CED	70° 31' 44"	Angle dièdre du tétraèdre. Angle plan d'une face du dodécaèdre rhomboïdal, et inclinaison d'une arête de ce solide sur l'axe dodécaédrique.
EIF	109° 28' 16"	Angle dièdre de l'octaèdre. Angle plan d'une face du dodécaèdre rhomboïdal.

RÉFRACTION ET DISPERSION

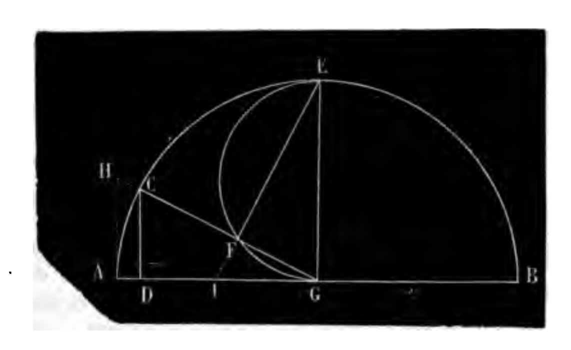
DE LA LUMIÈRE

NOUVELLE FORMULE ET NOUVELLE LOI POUVANT LES REPRÉSENTER

PAR A. BAUDRIMONT.

Les lois de la réfraction de la lumière ont été formulées de plusieurs manières différentes, d'abord par Snellius, puis par Descartes, et tout récemment par M. Reusch et M. Radau. En lisant le travail de ce dernier physicien, publié dans le journal *les Mondes* de M. l'abbé Moigno, je me suis rappelé que j'avais trouvé une nouvelle expression de ces lois, qui diffère de toutes celles qui viennent d'être signalées, et offre un certain intérêt parce que la figure géométrique d'après laquelle elles sont formulées donne par elle-même une idée non moins exacte, mais plus complète du phénomène.

Avant d'exposer ces lois, il importe de démontrer un théorème de géométrie qui permet de représenter les sinus, et, au besoin, les cosinus et les tangentes par les cordes d'un cercle.



Si, dans le quart de cercle AGE, on inscrit le demi-cercle GFE,

de telle manière que le diamètre GE de ce dernier se confonde avec le rayon du premier;

Si l'on tire la ligne *GC,* et si, au point où elle rencontre la circonférence *GFE,* on tire la ligne FE, et si, enfin, on abaisse la perpendiculaire *CD* sur la ligne *AB,* on a les relations suivantes :

Par construction, *EG* est perpendiculaire à *DG,* et *EF* l'est à CG, parce que l'angle *GFE* est inscrit dans une demi-circonférence.

Les angles D et F sont droits, les lignes *EG* et CG sont égales et sont les hypothénuses des triangles rectangles CDG et GFE.

Il résulte de ces conditions que les triangles ABC et CFE sont égaux et semblables, et que *GF* = CD et EF = DG.

On conclut de cette démonstration que les cordes d'un cercle, partant d'un point pris sur sa circonférence et formant des angles déterminés avec la tangente passant par l'origine des cordes, sont égales aux sinus des mêmes angles d'un cercle dont le rayon est le double de celui dont on considère les cordes (1).

On déduit d'ailleurs très facilement de la proportionnalité des dimensions linéaires des figures semblables, qu'un sinus étant la moitié d'une corde, le sinus d'un angle et d'un cercle donnés est égal à la corde soustendant le même angle d'un cercle dont le rayon est la moitié de celui du précédent.

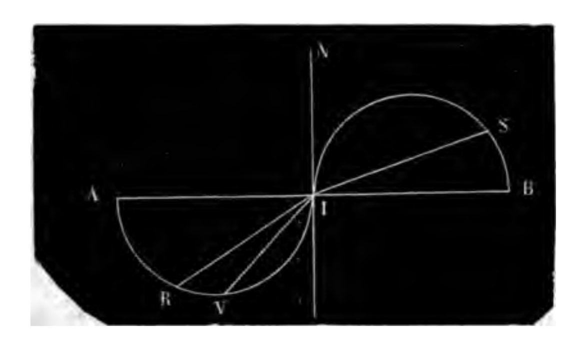
Si l'angle du petit cercle a son sommet sur la circonférence de ce dernier, il en résultera que cet angle correspondra à une corde égale au sinus de même angle considéré sur un cercle une fois plus grand. C'est là justement le cas qui se présente ici. Si l'on considère que l'angle formé par une sécante et la tangente, ayant son sommet au point de tangence, est égal à celui qui a son sommet à la circonférence et qui comprend le même arc entre ses côtés, la démonstration sera complète. En effet, comme on l'a vu précédemment, l'angle AGC = l'angle GEI.

(1) A ce résultat on peut ajouter les suivants :

La corde supplémentaire, ou celle qui, partant de l'extrémité de la première, va atteindre la circonférence en un point opposé au diamètre, est égale au cosinus du même angle, mais d'un cercle dont le rayon est double.

Si la ligne EF est conduite jusqu'en I, on voit facilement par la similitude et l'égalité des triangles que la ligne *GI* est égale à la tangente de l'angle GEF ou de l'angle CGD qui lui est égal.

Le théorème précédent permet de faire la construction suivante :



Soit AB la trace du plan qui sépare les deux milieux réfringents.

Si, dans le plan de la normale à ce premier plan et du rayon incident, on trace deux demi-circonférences opposées et aboutissant chacune par une extrémité au pied de la normale, et si, dans ces demi-circonférences, on trace les rayons incident et réfracté, soit SI et IR, ces rayons sont représentés en direction et en grandeur relative par les cordes des demi-cercles BSI et ARI.

Ce qui a été démontré précédemment suffit pour établir que ces cordes sont entre elles comme les sinus des angles que les rayons des angles incident et réfracté forment avec la normale. D'une autre part, on sait que lorsque la lumière traverse plusieurs milieux successifs, sa vitesse varie et demeure proportionnelle aux sinus des angles d'incidence et de réfraction; d'où l'on conclut, ainsi que cela vient d'être dit, qu'elle est proportionnelle aux cordes de cercles données par la construction précédente.

Dans la dispersion, le rayon rouge est le moins réfracté, et le rayon violet est celui qui l'est le plus.

Si IR correspond aux rayons rouges, et IV aux rayons violets, la figure donne immédiatement *les rapports des vitesses des différents rayons colorés que l'on observe dans le spectre solaire.* Ces rayons viennent aboutir à la circonférence d'un cercle, et cette construction les représente encore en grandeur et en direction.

RÉSUMÉ.

Si, dans le plan du rayon incident et de la normale, on décrit

deux demi-circonférences égales, alternes, tangentes l'une à l'autre, une dans chaque milieu et de chaque côté de la normale; si, dans ces demi-cercles, on trace les rayons incidents et les rayons réfractés, on a les conditions suivantes :

Pour des milieux déterminés,

1° Il existe un rapport constant entre les cordes, quelle que soit l'incidence des rayons;

2° Ces cordes représentent les rayons en grandeur relative et en direction;

3° Les rayons dispersés ou les vitesses aboutissent à la circonférence d'un cercle tangent à la normale, et dont le diamètre se confond avec le plan de séparation des deux milieux.

Bordeaux, ce 4 avril 1863.

THÉORÈME

SUR LES

ELLIPSOÏDES ASSOCIÉS

ANALOGUE A CELUI DE FAGNANO SUR LES ARCS D'ELLIPSE

PAR V.-A. LE BESGUE

professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
membre correspondant de l'Institut.

J'ai donné en 1846 l'équation de l'ellipsoïde associé; elle peut être simplifiée. Je vais présenter ici cette recherche d'une manière plus géométrique, et qui fasse mieux voir l'analogie du théorème sur les zones d'ellipsoïde, avec celui de Fagnano sur les arcs d'ellipse. D'ailleurs, je donnerai l'expression de ces zones, ce que je n'ai pas fait dans mon article intitulé : *Note sur les arcs à différence rectifiable et sur les zones à différence planifiable.* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées,* t. XI, p. 331.)

Si deux ellipsoïdes, rapportés à leurs axes principaux, ont pour équations

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1,$$

$$\frac{x^2}{a'^2} + \frac{y^2}{b'^2} + \frac{z^2}{c'^2} = 1,$$

ils sont associés quand on a les relations suivantes :

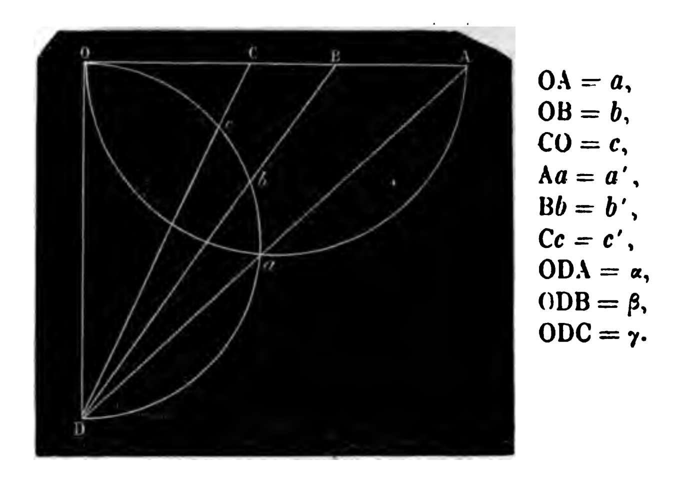
$$(a) \qquad a' = a \sin \alpha, \quad b' = b \sin \beta, \quad c' = c \sin \gamma,$$

$$(b) \qquad \frac{\text{tang}\, \alpha}{a} = \frac{\text{tang}\, \beta}{b} = \frac{\text{tang}\, \gamma}{c} = u.$$

La première (a), quand on n'établit aucune relation entre α, β, γ, indique seulement que le second ellipsoïde est intérieur au premier; a' peut avoir une valeur quelconque inférieure à a.

La relation (b) détermine β et γ en fonction de α.

La construction suivante donne α, β, γ, a', b', c'.



$OA = a$,
$OB = b$,
$CO = c$,
$Aa = a'$,
$Bb = b'$,
$Cc = c'$,
$ODA = \alpha$,
$ODB = \beta$,
$ODC = \gamma$.

Soit $OA = a$; dans la demi-circonférence de diamètre OA, on inscrit $Aa = a'$; cette droite va couper en D la perpendiculaire à OA. Si l'on prend $OB = b$, $OC = c$, les angles ODA, ODB, ODC, seront α, β, γ, d'après la relation (b); et si OcbaD est un demi cercle, Aa, Bb, Cc seront respectivement a', b', c', ou $a \sin \alpha$, $b \sin \beta$, $c \sin \gamma$, d'après la relation (a).

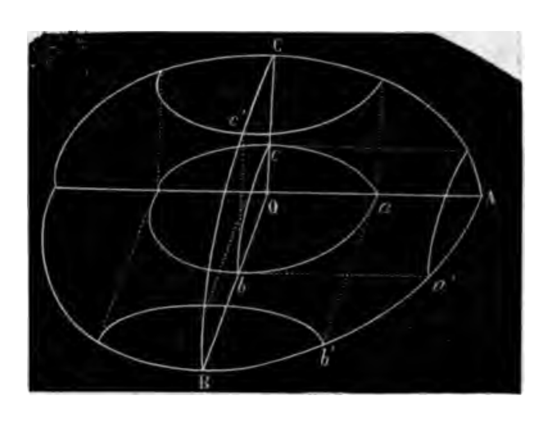
Si sur la section

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

de l'ellipsoïde associé on élève un cylindre droit, il ira couper l'ellipsoïde extérieur suivant une courbe telle que, en chacun de ses points, les plans tangents à l'ellipsoïde feront le même angle γ avec le plan de la section qui est perpendiculaire à l'axe c (auquel correspond γ). La partie constante du plan tangent renfermée

dans ce cylindre, sera représentée par E_γ. C'est une ellipse, dont l'aire est

$$\frac{\pi ab \sin\alpha \sin\beta}{\cos\gamma}.$$



Ce cylindre partage la surface H du demi-ellipsoïde en une calote intérieure au cylindre, et dont l'aire, dépendante de γ, sera représentée par C_γ, et une zone qui sera représentée par Z_γ. Si l'on fait la même construction pour les deux autres sections principales, on aura

$$H = C_\alpha + Z_\alpha = C_\beta + Z_\beta = C_\gamma + Z_\gamma.$$

La conséquence la plus remarquable de la condition d'association, c'est que l'on a trois différences égales :

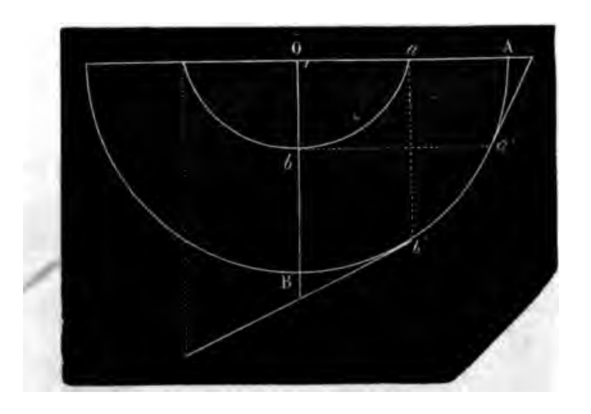
$$E_\alpha - C_\alpha = E_\beta - C_\beta = E_\gamma - C_\gamma = \pi abc \int_0^\alpha \sin\alpha \sin\beta \sin\gamma \, du,$$

que l'on calculera en exprimant β, γ, u en fonction de α. On a donc

$$\begin{aligned} C_\gamma - C_\beta &= Z_\beta - Z_\gamma = E_\gamma - E_\beta, \\ C_\gamma - C_\alpha &= Z_\alpha - Z_\gamma = E_\gamma - E_\alpha, \\ C_\beta - C_\alpha &= Z_\alpha - Z_\beta = E_\beta - E_\alpha. \end{aligned}$$

C'est là le théorème : *Les différences des calottes intérieures*

aux cylindres sont égales aux différences des portions de plan interceptées par les cylindres



Pour avoir le théorème de Fagnano sur les arcs d'ellipse, il suffira de considérer la coupe de la figure par le plan des xy. Si les plans tangents sont menés par des points situés dans ce plan des xy, au lieu des zones Z_α, Z_β, on prendra seulement les arcs A_α, A_β, intersections avec le plan des xy, et les tangentes t_α, t_β interceptées dans les cylindres et sur le plan des xy, et l'on aura entre les différences la relation

$$A_\beta - A_\alpha = t_\beta - t_\alpha .$$

L'énoncé de Fagnano est légèrement différent : les arcs A_α, A_β sont remplacés par leurs moitiés, qui alors ont une extrémité, l'une au sommet A, l'autre au sommet B.

La différence $\frac{1}{2}(t_\beta - t_\alpha)$ est susceptible d'une construction élégante. Du centre O on abaisse des perpendiculaires sur les tangentes menées par les extrémités des arcs (autres que A et B), les pieds P et P' de ces perpendiculaires sont à la même distance p des points de contact, et p se trouve être la différence des arcs.

J'indiquerai ici le calcul des zones C_α, C_β, C_γ, qui fera retrouver les mêmes résultats. Pour abréger, on représentera $\frac{1}{a^2}$, $\frac{1}{b^2}$, $\frac{1}{c^2}$, par A, B, C, de sorte qu'on aura

$$0 < A < B < C;$$

on posera

$$\frac{\pi}{\sqrt{ABC(C-A)}} = D,$$

$$\frac{C-B}{C-A} = k^2 < 1,$$

$$C - (C-A)\cos^2\gamma = C\cos^2\theta,$$

$$[\Delta(\theta)]^2 = 1 - k^2\sin^2\theta,$$

$$E(\theta) = \int_0^\theta \Delta(\theta).d\theta, \qquad F(\theta) = \int_0^\theta \frac{d\theta}{\Delta(\theta)};$$

et l'on aura

$$Z_\alpha = D\left[\frac{B\sin\theta\cos\theta}{\Delta(\theta)} + (C-A)E(\theta) + AF(\theta)\right],$$

$$Z_\beta = D\left[A\tang\theta.\Delta(\theta) + (C-A)E(\theta) + AF(\theta)\right],$$

$$Z_\gamma = D\left[\{A-(C-B)\cos^2\theta\}\frac{\tang\theta}{\Delta(\theta)} + (C-A)E(\theta) + AF(\theta)\right];$$

de sorte qu'en posant

$$f(\theta) = D.\frac{C\cos^2\theta - A}{\cot\theta.\Delta(\theta)},$$

on aura

$$Z_\beta - Z_\gamma = f(\theta).\frac{C-B}{C-A},$$

$$Z_\alpha - Z_\gamma = f(\theta),$$

$$Z_\alpha - Z_\beta = f(\theta)\frac{B-A}{C-A}.$$

Ces différences sont donc proportionnelles aux nombres

$$C-B, \qquad C-A, \qquad B-A,$$

ce qui est un corollaire du théorème.

Les résultats précédents s'obtiennent en mettant l'équation de l'ellipsoïde associé sous la forme

$$A \cos^2 \theta . x^2 + B \Delta^2 (\theta). y^2 + Cz^2 = \frac{C \cos^2 \theta - A}{C - A}.$$

Ils seront développés dans un Mémoire sur la quadrature des surfaces du second degré. Ils conduisent très simplement à l'aire connue du demi-ellipsoïde, qui est

$$H = \frac{\pi}{C} + D \left[(C - A) E(\theta_0) + A F(\theta_0) \right],$$

en supposant

$$\cos^2 \theta_0 = \frac{A}{C}.$$

Ces résultats se réduisent en nombres au moyen des Tables calculées par Legendre.

DE QUELQUES MOYENS PRATIQUES

DE DIVISER LES ANGLES

EN PARTIES ÉGALES[1]

PAR M. GLOTIN,

Ancien lieutenant de vaisseau, chevalier de la Légion-d'Honneur.

---

§ I. — *Trisecteur.* — Une solution pratique très ingénieuse du problème de la trisection des angles consiste dans l'emploi de l'instrument, depuis longtemps connu, nommé *trisecteur*.

Cet instrument se compose essentiellement d'une demi-circonférence AFB (fig. 1) ayant son centre en O, d'une ligne BC tangente à l'extrémité du diamètre AB, et d'une longueur BD en prolongement de AB et égale à la moitié de ce diamètre.

L'instrument est disposé comme l'indique la figure 1, afin que tout en ayant la solidité convenable, les lignes essentielles y restent suffisamment dégagées.

Cet instrument s'emploie de la manière suivante :

Étant donné l'angle LMN à partager en trois parties égales, on

[1] La division des angles a fourni autrefois la matière de nombreux travaux, et il est difficile de trouver rien d'absolument neuf sur ce sujet.

Toutefois, ces travaux ayant eu surtout pour objet de rechercher une construction élémentaire rigoureuse de la trisectrice, ce qui a été depuis reconnu impossible, il n'en est resté que quelques théorèmes isolés et fort peu connus, dont quelques-uns m'ont été indiqués par les mathématiciens érudits que j'ai consultés sur les résultats auxquels j'étais parvenu par une considération directe du sujet.

J'ai pensé qu'en cet état de choses, un travail sur la division des angles en général ne serait pas sans intérêt.

place l'instrument dans l'intérieur de cet angle de telle sorte que, la ligne BC passant par le sommet M, et le point D étant placé sur un des côtés MN, la demi-circonférence AFB soit tangente en P à l'autre côté ML. Les points O et B appartiennent alors aux trisectrices.

En effet, les deux triangles rectangles MOB, MDB donnent les angles égaux OMB et BMD, et si l'on joint OP, les deux triangles rectangles MOP, MOB donneront aussi les angles OMP et OMB égaux.

Le trisecteur étant donc placé comme on l'a vu, il suffira de pointer sur le papier les points O et B, qui sont indiqués par des encoches de l'instrument, et après avoir enlevé celui-ci, de joindre ces deux points au sommet M de l'angle.

§ II. — *Multisecteur.* — Il est venu à ma connaissance qu'il existait un instrument pour diviser les angles en cinq parties égales; mais je n'ai pu m'en procurer la description, et j'ignore sur quels principes il est basé.

Voici, je crois, comment on pourrait compléter le trisecteur pour le rendre propre, non seulement à la division des angles en cinq parties égales, mais encore en un plus grand nombre de parties; pour constituer, en un mot, le *multisecteur :*

Au point D d'un trisecteur (fig. 2), on articule une longueur DD′ égale à OD; puis, au point D′, une seconde longueur D′D″ égale à OD et à DD′; et ainsi de suite, selon que l'on veut obtenir un instrument plus ou moins complet. Toutes ces longueurs DD′, D′D″, etc., etc., portent en leurs milieux des lignes B′C′, B″C″, etc., etc., qui y sont fixées d'une manière invariable à angle droit et dans le plan de l'instrument.

Soit maintenant l'angle LMN à diviser en $2m+3$ parties égales.

Il faudra placer l'instrument dans cet angle de manière que, toutes les lignes BC, B′C′, B″C″, etc., etc., passant par le sommet M, la demi-circonférence AFB soit tangente à l'un des côtés LM, et que l'extrémité de la $m^{ème}$ des longueurs DD′, D′D″, etc., etc., soit sur l'autre côté MN.

Si l'on considère, en effet, dans la figure 2, deux triangles tels que D′MB″, B″MD″, qui correspondent aux deux moitiés d'une même longueur telle que D′D″, il est évident que ces deux

triangles sont égaux; il l'est également que deux triangles B'MD', D'MB'', qui correspondent aux moitiés adjacentes de deux longueurs voisines, le sont aussi; enfin, le triangle MOP est égal au triangle MOB, comme pour le trisecteur; donc, tous les angles dans lesquels on divise l'angle donné LMN, en joignant au sommet M les points O, B, D, B', D', etc., etc., sont égaux entre eux.

La figure 2 indique les parties constituantes d'un multisecteur permettant d'obtenir jusqu'à onze parties égales. Il est bien clair que si, au lieu d'amener le point D^{IV} sur le côté MN, on eût disposé l'instrument pour que ce fût le point D''' qui se trouvât sur ce côté, on n'aurait plus obtenu que neuf parties; la division en sept correspond à la même position du point D'', et celle en cinq, à la même position du point D'.

§ III. — *Disposition du multisecteur.* — Voici les dispositions qu'il conviendrait d'adopter pour rendre cet instrument pratique.

Il se composera de deux parties séparées :

La partie représentée dans la figure 3 consiste en une plaque de métal, suffisamment longue et large, afin de permettre de bien l'assujétir sur le papier en la chargeant de plombs à dessiner. Au centre de cette plaque est un trou circulaire, des bords duquel partent des supports qui maintiennent, assez haut pour ne pas gêner la vue et au dessus du centre du trou, un petit disque parallèle à la plaque-support, et muni, à son centre, d'une tige qui lui est perpendiculaire. La partie de cette tige, placée au dessus du disque, est exactement cylindrique; la partie inférieure est conique, et la pointe qui la termine dépasse un peu la face inférieure de la plaque-support, afin de pouvoir piquer dans le papier comme une pointe de compas.

Quand on doit se servir de l'instrument, on place cette première partie de manière que la pointe de la tige soit piquée au sommet de l'angle à diviser, et on assujétit bien la plaque-support en la chargeant de plombs. La partie cylindrique de la tige se trouve ainsi avoir son axe directement au dessus du sommet de l'angle, et sert de guide, comme on va le voir, pour diriger constamment par ce point les lignes BC, B'C', B''C'', etc., etc., de la figure 2.

La seconde partie de l'instrument, représentée dans la figure 4, est celle dont la figure 2 donne les lignes essentielles.

Les perpendiculaires BC, B′C′, B″C″, etc., etc., y sont représentées par des règles fendues sur presque toute leur longueur, et ce sont les lignes médianes des fentes formant coulisse qui correspondent à ces perpendiculaires. La largeur des coulisses est telle, que la tige cylindrique de la première partie de l'instrument peut y glisser librement, mais sans flottement; ou, plus exactement, ces coulisses peuvent glisser sur cette tige, puisque celle-ci est placée à poste fixe au dessus du sommet de l'angle à diviser.

Il résulte de cette disposition que, lorsque les règles sont enfilées sur la tige, les lignes qui correspondent à BC, B′C′, B″C″, etc., etc., sont constamment assujéties à passer par le sommet de l'angle. Afin de pouvoir faire passer les règles au dessus les unes des autres, et aussi au dessus des supports de la tige-guide, ces règles seront disposées de manière que, tout en restant parallèles au plan de l'instrument, elles en soient à des distances différentes et convenablement graduées; ce que l'on obtient en faisant faire à chacune d'elles deux coudes en sens inverses, et dans un plan normal à celui de l'instrument, près du point où elle est fixée perpendiculairement au milieu de l'une des petites règles égales qui correspondent aux longueurs DD′, D′D″, etc., etc., de la figure 2.

On a vu que ces petites règles égales devaient être articulées à l'extrémité les unes des autres. Il en résulterait que les points de l'instrument qui correspondent aux points D, D′, D″, etc., etc., devant être chacun au centre d'une articulation, ne pourraient pas être marqués sur le dessin; on ne pourrait pas non plus s'assurer, lorsqu'il y aurait lieu, de leur position exacte sur le côté de l'angle à diviser. Pour remédier à cet inconvénient, on donne aux noyaux des articulations un assez grand diamètre, et on pratique au centre de chacun une ouverture suffisamment large pour le passage simultané de la vue et du crayon. Les points D, D′, D″, etc., etc., sont exactement déterminés par de petits trous percés dans des lames minces qui traversent la base des ouvertures des noyaux.

§ IV. — *Remarques sur l'emploi des instruments.* — Les instruments destinés à diviser les angles ne peuvent s'employer que pour des angles assez ouverts. Pour des angles un peu aigus, il faudrait donner une trop grande longueur aux règles fendues ou de trop petites dimensions aux autres parties.

On pourrait obvier à cet inconvénient en doublant, quadruplant,

octuplant même l'angle à diviser, pour obtenir une ouverture convenable, et revenant, après emploi de l'instrument, aux angles cherchés, par des bissections successives; mais on complique évidemment beaucoup ainsi l'opération.

En second lieu, il faudrait de grands soins pour donner et conserver à l'instrument la justesse convenable. Car, dans le multisecteur, les longueurs DD', D'D'', etc., etc., doivent être bien égales entre elles et à OD; les lignes BC, B'C', B''C'', doivent partir exactement des milieux de ces longueurs et leur être bien perpendiculaires; les coulisses des règles fendues doivent être bien droites et bien calibrées; les articulations, d'un jeu très libre, mais sans ballottement, doivent être bien centrées, — sans parler des précautions à prendre pour assurer la perpendicularité au plan du dessin de l'axe de la tige-guide et la parfaite correspondance de cet axe avec le sommet de l'angle. Il est donc très probable que le prix de cet instrument serait élevé, hors de proportion avec les services, en somme assez rares, qu'il pourrait être appelé à rendre, et il y a lieu de rechercher s'il n'est pas possible de le suppléer par des constructions graphiques exactes, ou du moins suffisamment approximatives.

§ V. — *Trisection.* — *Premier procédé.* — Soit BAC (fig. 5) un angle à diviser en trois parties égales. Supposons le problème résolu, et que les trisectrices soient AD et AE.

Je prends sur le côté AC une longueur quelconque AC, et du point C j'abaisse une perpendiculaire CF sur l'autre côté; je prends sur AB, FB = AF et je joins CB. La trisectrice AD rencontre CF et CB aux points G et D, et je dis que l'on aura GD = BD :

Car, si je joins BG, il est aisé de reconnaître que le triangle BGD est isocèle, les angles GBD et DGB étant égaux chacun aux deux tiers de l'angle BAC.

Que l'on imagine une courbe dont la construction serait la suivante :

Par le sommet A de l'angle donné on mène des droites quelconques, et on porte sur chacune de ces droites, à partir de son point d'intersection avec la ligne CB, et du côté de A, une longueur égale à la distance au point B de ce même point d'intersection; puis, par tous les points ainsi déterminés on fait passer une courbe.

Il est évident que le point de rencontre G, de la perpendiculaire CF et de la trisectrice AD, doit se trouver sur cette courbe. La construction de celle-ci est d'ailleurs extrêmement simple, et il sera facile d'en obtenir des points situés de part et d'autre et très près de CF; en joignant ces points par une ligne continue, on obtiendra assez exactement le point G.

La courbe dont il vient d'être question est connue en Géométrie sous le nom de *Strophoïde oblique*. Pour ne pas embarrasser par une digression un peu longue la marche de ce travail, j'ai renvoyé à la fin, dans une note, quelques considérations intéressantes relatives à cette courbe, qui, comme on le verra, se relie d'une manière remarquable au problème de la trisection.

§ VI. — *Second procédé.* — Par le point C de la figure 5 je mène une parallèle CP au côté AB, et je prolonge la trisectrice AD, la plus rapprochée de AB, jusqu'à la rencontre de cette parallèle en P.

La portion GP de cette trisectrice, interceptée par la perpendiculaire CF et la parallèle CP, sera égale à 2 AC :

Au point C je construis un angle PCI égal à CPI, et par suite au tiers de BAC. On aura CI = PI. On a aussi GI = CI, car les deux angles IGC, ICG du triangle GIC sont égaux chacun au complément du tiers de BAC. Enfin, on a CI = AC, car les deux angles CAI, CIA du triangle ACI sont égaux chacun aux deux tiers de BAC. Ainsi, GP = 2 CI = 2 AC.

De là le procédé suivant, qui, bien qu'il comporte un certain tâtonnement et ne constitue pas, à la rigueur, une construction exécutable par les seuls moyens de la règle et du compas, n'en est pas moins facile et sûr en pratique.

Étant donné à diviser l'angle aigu BAC, on prend sur l'un des côtés, à partir du sommet, une longueur quelconque AC; par le point C, on mène une perpendiculaire CF et une parallèle CP à l'autre côté; on marque ensuite sur le champ d'une règle une longueur égale à 2 AC, et l'on place cette règle dans l'angle BAC, de manière que, passant par le sommet A, l'une des marques se trouve sur CF et l'autre sur CP.

On peut se servir, pour cette opération, d'une règle graduée. En prenant pour la longueur arbitraire AC un nombre exact de grandes divisions, on reconnaîtra aisément sur la règle la partie, double de AC, à faire intercepter par les lignes CF et CP.

Enfin, on peut encore se servir très commodément, dans la pratique, d'une feuille de papier collé, pas trop mince, et pliée en deux. On a ainsi une règle assez parfaite, qui a l'avantage de s'appliquer exactement sur le dessin, et sur laquelle on portera la longueur à faire intercepter.

§ VII. — *La trisection est un problème du 3e degré.* — On reconnaîtra facilement que, pour la trisectrice du supplément C'AB de l'angle CAB, la partie $g_1 G_1$; interceptée par les lignes CF et CP prolongées, est aussi égale à 2 AC; et, enfin, qu'il en est de même de gP', partie interceptée par les mêmes lignes de la trisectrice du complément B'AC de BAC.

La ligne $g_1 G_1$, trisectrice du supplément de BAC, est en même temps trisectrice du supplément C'AB' du complément B'AC de CAB; car, AP et AP', qui sont les trisectrices les plus éloignées l'une de l'autre de l'angle CAB et de son complément, doivent faire entre elles un angle de 60°, et chacune de ces lignes doit faire, avec la trisectrice la plus rapprochée du supplément de l'angle auquel elle appartient, un angle qui est également de 60°. Les deux trisectrices Ag_1', AG_1, feront donc entre elles un angle de 180°, c'est à dire seront en prolongement l'une de l'autre.

Tout problème auquel on pourrait ramener la trisection devrait conduire aux trois trisectrices AP, AP' et $g_1 G_1$, et être par suite au moins du 3e degré. Le choix de l'inconnue pourrait même le rendre du 4e degré, la trisectrice de l'angle C'AB' constituant, en réalité, une quatrième solution, qui n'est que masquée par la coïncidence des directions de cette ligne et de la trisectrice de l'angle C'AB.

§ VIII. — *On peut toujours opérer sur un angle au plus égal à 45°.* — C'est ce qui résulte de ce que les trisectrices de deux angles supplémentaires, les plus rapprochées l'une de l'autre, font entre elles, ainsi que les trisectrices les plus éloignées de deux angles complémentaires, un angle égal à 60°; car il est alors toujours facile de passer de l'une à l'autre, l'angle au centre de 60° interceptant sur la circonférence un arc dont la corde est égale au rayon.

En général, quand on sait diviser la demi-circonférence en un nombre m de parties, on peut passer de l'une à l'autre des m-isectrices les plus rapprochées de deux angles supplémentaires;

car la somme des $m^{\text{ièmes}}$ parties de ces deux angles est évidemment égale à la $m^{\text{ième}}$ partie de la demi-circonférence. On peut aussi, dans ce cas, passer de l'une à l'autre des m-isectrices les plus rapprochées, chacune dans son angle respectif, du côté commun à deux angles complémentaires; car la somme, ou la différence si l'un des deux est plus grand que 90°, des $m^{\text{ièmes}}$ parties de ces deux angles, est égale à la $m^{\text{ième}}$ partie d'un quadrant.

Dans le cas actuel, il y a avantage à se prévaloir de cette faculté; car plus l'angle à diviser en trois parties égales sera petit, plus la trisectrice coupera normalement la perpendiculaire CF, et plus il sera facile d'assurer exactement la position du point de la règle qui doit être placé sur cette ligne. Par contre, il sera plus difficile d'assurer la position du point qui doit être sur CP; mais l'intersection de la règle et de CP devant se faire très obliquement, on se contentera de marquer sur CP un point vis-à-vis la marque de la règle, et après avoir enlevé celle-ci, on s'assurera que ce point est bien exactement sur CP. Ce n'est qu'alors qu'on le joindra au point A. Il y a, en agissant ainsi, cet avantage à opérer sur un petit angle, qu'outre que le point P s'y détermine plus exactement, une erreur dans la position de ce point sur CP aura d'autant moins d'influence sur la direction de la trisectrice que l'angle CPA sera plus petit.

§ IX. — *Appréciation de l'exactitude du deuxième procédé.* — L'angle de 45° étant l'angle maximum sur lequel on sera obligé d'opérer, je suppose que pour cet angle, et AC étant égal à $5^{c/m}$, le point P soit trop rapproché du point C d'un demi-millimètre.

On aura :

$$Af = AC \sin 45^\circ = 3^{c/m},53.$$

Dans le cas de l'exactitude de la construction, on aurait :

$$Pf = Af \cot APf = 3^{c/m},53 \cot 15^\circ = 13^{c/m},2.$$

Avec une erreur d'un demi-millimètre, la longueur de Pf ne serait plus que de $13^{c/m},15$ et l'on aurait :

$$\operatorname{Cot} x = \frac{13^{c/m},15}{3^{c/m},53}\quad,\quad x = 15^\circ 3' 15''.$$

L'erreur sur la direction de la trisectrice serait donc de 3′1/4 seulement. Or, un dessinateur à peu près passable ne fera jamais une erreur approchant d'un demi-millimètre.

On pourrait arriver à n'opérer que sur des angles de 22°30′ au plus; car la bissectrice AS de l'angle BAC fera avec la trisectrice AP un angle qui sera le tiers de BAS. On pourrait donc obtenir AP en opérant sur l'angle BAS et ayant soin de prendre l'analogue du point C sur le côté même AB de l'angle, et non sur la bissectrice. On pourra, comme on le voit, n'opérer que sur la moitié de celui des trois angles : angle donné, supplément ou complément, qui serait lui-même plus petit que 45°; par suite, sur un angle de 22°30′ au maximum.

L'erreur, pour l'angle de 22°30′, avec AC = 5c/m, et pour une différence d'un demi-millimètre sur la position du point P, serait de 1′1/2 seulement.

§ X. — *Troisième procédé.* — Du point C de la figure 5 comme centre, avec CA pour rayon, je décris un cercle. On a vu que CI = CA; ce cercle passera donc par le point I, milieu de GP, et la partie IP de la trisectrice, interceptée par ce cercle et la parallèle CP, sera égale à AC. On pourrait donc, par une opération analogue à celle employée dans le procédé précédent, faire intercepter par le cercle et la parallèle CP, sur une règle passant au sommet A, une longueur égale à AC.

Le théorème qui établit l'égalité de IP et de AC est assez ancien, mais ne m'a été connu qu'après coup. Le procédé qui lui correspond est plus simple que le deuxième procédé; car il faut moins de constructions pour tracer le cercle CA que pour obtenir la perpendiculaire CF, dont on ne serait pas suffisamment sûr en la menant simplement à l'équerre. L'exactitude est la même dans les deux procédés, en sorte que l'on devra préférer le dernier, qui, de plus, fournit la seconde trisectrice de la manière la plus simple, en prenant l'arc SE égal à l'arc SI.

Il est d'ailleurs bien évident qu'avec ce procédé, comme avec le précédent, on est libre d'opérer sur celui des trois angles : angle donné, supplément ou complément, qui est plus petit que 45°, ou même encore sur la moitié seulement de cet angle.

§ XI. — *Quintisection.* — Soit BAC (fig. 6), un angle à diviser

en cinq parties égales. Je suppose le problème résolu et soient AD, AD', AD'' et AD''' les quatre quintisectrices.

Je prends sur le côté AC une longueur quelconque AC, et par le point C je mène CF perpendiculaire et CP parallèle à l'autre côté AB; puis, du point C comme centre, avec CA pour rayon, je décris un cercle qui coupe le côté AB au point B.

Je dis que : *la partie NP de la première quintisectrice AD, qui sera interceptée par CF et CP, se composera d'une partie PM = 2 AC, et d'une partie MN, divisée en deux parties égales au point D par le cercle CA :*

Les arcs BD, DD', D'D'', D''D''' et D'''E seront égaux, comme interceptés par des angles à la circonférence égaux. Par le point D', intersection de la seconde quintisectrice et de la circonférence, je mène une parallèle IH à AD, et par le point I, où cette parallèle coupe une seconde fois la circonférence, je mène ID parallèle à AB. ID devra passer au point D; car les arcs AI et DD' sont égaux, comme interceptés par des cordes parallèles; pour la même raison BD = AI; et d'ailleurs DD' = BD. Je joins IC, que je prolonge jusqu'à la rencontre de la circonférence; ce point de rencontre se trouvera en D'''; car les arcs AI, ED''' sont égaux, comme interceptés par des angles au centre opposés par le sommet; on a d'ailleurs AI = BD et aussi ED''' = BD.

Les angles à la circonférence DID' et DID''' intercepteront sur la circonférence, le premier l'arc DD', le second l'arc DD''' = 3 DD'; l'angle DID' est donc le tiers de l'angle DID''', et, par suite, comme on l'a vu au § VI, on aura LH = 2 CI = 2 AC.

Par le point L je mène LM parallèle à AB, et par suite à ID et à CP. En raison du parallélisme de toutes ces lignes, et aussi de celui des lignes IH et AP, on aura MP = LH = 2 AC, et DM = IL = ND; la dernière égalité IL = ND se déduit de l'égalité des triangles IKL et NKD.

Ainsi, la partie NP de la première quintisectrice, interceptée par CF et CP, se compose bien de PM = 2 AC et des parties égales entre elles MD et DN, le point D étant sur la circonférence CA.

§ XII. — *Procédé graphique de quintisection.* — Il serait certainement possible de placer une règle graduée dans l'angle BAC de manière à ce que, passant au sommet A, ces diverses conditions fussent remplies. Mais il y aurait à faire sur la règle une lecture

sujette à erreur, et la difficulté serait encore augmentée, pour les angles d'une certaine grandeur, par l'obliquité de rencontre de la règle et de la circonférence, obliquité qui pourrait empêcher de reconnaître bien exactement le point de rencontre.

On peut rendre ce procédé plus pratique. Il suffit, pour cela, de substituer au grand angle BAC son quart OAC. La ligne AD" sera en même temps quatrième quintisectrice de l'angle BAC et première quintisectrice de l'angle OAC; car on a :

$$D''AC = \frac{1}{5} BAC = \frac{4}{5} \frac{BAC}{4}.$$

Je mène CQ perpendiculaire et CR parallèle à AO. On devra avoir, d'après le § précédent, RU = 2AC et UD" = D"S. Si OAC ne dépasse pas 11° 15′, ou le quart de 45°, ce qui, comme on le verra plus loin, est toujours facultatif, les longueurs UD" et D"S, pour AC = 5c/m, valeur qui donnerait une dimension de figure qu'on ne pourra guère dépasser, ces longueurs, dis-je, ne différeraient de AC que d'un demi-millimètre au plus. Cette circonstance facilite dans la pratique le placement de la règle. On commencera par la disposer de manière que, passant par le sommet A, la partie interceptée par CQ et CR soit égale à 4 AC; puis, l'assujétissant toujours à passer par A, et maintenant la même division sur CR, on la fera glisser un peu du côté de A, jusqu'à ce que la division *s*, qui répond à 4 AC, soit le double plus éloignée de la perpendiculaire CQ que le point *d"*, qui répond à 3 AC, n'est éloigné de la circonférence : ce qui s'appréciera facilement à l'œil, à cause de la petitesse de ces deux distances, et aussi parce que la rencontre de la règle avec la perpendiculaire et la circonférence se fera presque normalement.

On remarquera qu'en opérant ainsi sur un petit angle, l'emploi de la règle graduée devient inutile, et qu'il suffira, pour pouvoir appliquer le procédé, de marquer à la suite l'une de l'autre, soit sur le champ d'une règle, soit sur le pli d'une feuille de papier, quatre longueurs égales à AC.

Pour une valeur de OAC moindre que 12°, l'erreur que l'on commettrait, en laissant la règle dans la position où la partie interceptée par CQ et CR est égale à 4 AC, serait moindre que 1′,

ce qui est une approximation très suffisante. On pourra donc se contenter de placer la règle dans cette position.

§ XIII. — *Division des angles en un nombre quelconque de parties égales.* — Il ne s'agit ici que de la division en un nombre impair de parties; car on pourrait toujours, s'il s'agissait d'un nombre pair ou contenant comme facteur une puissance de 2, parvenir par de simples bissections à un angle à diviser en un nombre impair de parties.

Dans tous les procédés de division que je vais indiquer, on s'attache à obtenir l'une des sectrices, laquelle étant connue permet de trouver facilement toutes les autres. Il y a ici, toutefois, une remarque très importante à faire. Ces procédés étant approximatifs donneront une sectrice dont la direction sera affectée d'une erreur, toujours très petite à la vérité, mais dont l'importance augmenterait si l'on cherchait les autres sectrices par voie de multiplication des angles; on devra donc construire toutes ces sectrices par voie de subdivision, et, en agissant ainsi, on répartira l'erreur.

§ XIV. — *Relation pouvant servir de base à un procédé approximatif de division des angles.* — La longueur AS de la figure 6 devra, aussi bien que UD" et D"S, différer très peu de AC; en sorte que la longueur AR sera presque égale à 5 AC.

On pourrait reconnaître aussi que, pour un angle suffisamment petit, la longueur de la partie de la trisectrice, comprise entre le sommet A (fig. 5) et la parallèle CP au côté de l'angle BAC, est assez peu différente de 3 AC.

La coïncidence des coëfficients 3 et 5 avec le nombre de parties que l'on veut obtenir, dans chaque cas, conduit à rechercher si la même relation n'existe pas aussi d'une manière approximative pour d'autres diviseurs.

Quand on aura divisé un angle en m parties égales, la première m-isectrice fera toujours avec une parallèle analogue à CP de la figure 6 un angle égal à la $m^{ème}$ partie de l'angle donné. Si l'on désigne l'angle donné par a, on aura, entre les quantités analogues à celles que nous désignons sur la figure 6, la proportion :

$$\mathrm{AP} : \mathrm{AC} :: \sin \mathrm{PCA} \text{ ou } \sin a : \sin \frac{a}{m}.$$

Si donc l'angle a était suffisamment petit pour que le rapport des sinus différât très peu de celui des angles, AP différerait très peu de $m \times AC$.

§ XV. — *Division approximative des petits angles.* — Ainsi, pour obtenir la première m-isectrice d'un angle suffisamment petit, on prendra sur l'un des côtés, et à partir du sommet, une longueur quelconque, par l'extrémité de laquelle on mènera une parallèle à l'autre côté; puis, du sommet comme centre, avec une ouverture de compas égale à m fois la longueur adoptée, on décrira un arc de cercle qui coupera la parallèle en un point que l'on joindra au sommet. On aura ainsi, approximativement, la m-isectrice cherchée.

On trouvera l'erreur commise en calculant, d'une part, l'angle $\frac{a}{m}$, et, d'autre part, un angle x tel que l'on ait $\sin x = \frac{\sin a}{m}$. La différence entre ces deux angles sera l'erreur cherchée.

On trouverait l'angle à diviser qui répond à une erreur déterminée, en appliquant au calcul qui précède la méthode de fausse position.

Pour chacun des angles compris dans la seconde des deux lignes ci-dessous, on aura une erreur d'une minute, en le divisant dans le nombre de parties indiqué par le chiffre qui lui correspond dans la première ligne [1].

5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
11°58',	13°18',	14°25'30",	15°24',	16°16'30",	17°4',	17°47',	18°27'30",	19°4'50",	19°40',	20°13'15"

En n'opérant, dans chaque cas, que sur les angles plus petits que ceux ci-dessus, l'erreur serait moindre qu'une minute, ce qui constitue une approximation très suffisante dans la pratique ordinaire.

§ XVI. — *Extension du procédé précédent à de plus grands angles.* — Lorsqu'un angle est divisé en un nombre impair m de parties, sa bissectrice divise en deux parties égales l'angle des

(1) On trouvera plus loin, au § XXIII, à propos du diviseur 13, une explication dont les principales considérations pourront servir à reconnaître pour quelle raison les angles donnant l'erreur de 1' sont plus grands pour des diviseurs plus grands.

sectrices moyennes, et fait avec chacune de ces sectrices un angle égal à la m^e partie de la moitié de l'angle donné. On pourra donc opérer sur cette moitié, pour la diviser en m parties, en ayant soin de construire la sectrice de cette moitié qui est la plus rapprochée de la bissectrice, car cette sectrice sera en même temps une des sectrices de l'angle donné.

Pareillement, la quadrisectrice de l'angle donné divisera en deux parties égales l'angle des sectrices moyennes de sa moitié, faisant avec chacune d'elles un angle égal à la $m^{ième}$ partie du quart. Or, une de ces sectrices sera en même temps une sectrice de l'angle donné, et on pourra dès lors substituer à celui-ci un de ses quarts que l'on divisera en m parties, en ayant soin de choisir ce quart de manière que sa m-isectrice la plus rapprochée de la quadrisectrice soit en même temps une m-isectrice de l'angle donné.

Il n'est pas difficile de reconnaître si l'on doit opérer sur un des quarts extrêmes ou sur un des quarts médians; en effet, si le nombre m est de la forme $4p+1$, le quart extrême devant contenir $p+1/4$ de $m^{ièmes}$ parties de l'angle, la sectrice de cet angle la plus rapprochée de la quadrisectrice fera avec elle un angle égal au quart d'une m^e partie, ou, ce qui revient au même, à la $m^{ième}$ partie du quart de l'angle donné; c'est donc sur un quart extrême qu'il faut opérer dans ce cas. Si, au contraire, le nombre m était de la forme $4p-1$, le quart extrême contenant $p-1/4$ de $m^{ièmes}$ parties de l'angle donné, on voit que ce serait dans le quart médian que se trouverait la sectrice de l'angle donné faisant avec la quadrisectrice un angle égal au $m^{ième}$ du quart de cet angle; il faudrait donc, dans ce cas, opérer sur un des quarts médians, en ayant bien soin toujours de rechercher la sectrice de ce quart la plus voisine de la quadrisectrice.

Ainsi, on pourra toujours obtenir la $m^{ième}$ partie d'un angle à moins d'une minute près, à l'aide d'une ou de deux bissections préparatoires, pourvu que cet angle ne soit pas plus du quadruple de celui dont la division immédiate en m parties donne une minute d'erreur.

§ XVII. — *On pourra, dès à présent, opérer la division des angles dans le plus grand nombre de cas.* — En ce qui concerne la division en cinq parties égales, on pourra toujours l'opérer quel que soit l'angle; car, d'après ce qui a été dit au § VIII, comme l'on

sait diviser la demi-circonférence en cinq parties égales au moyen du côté du décagone, on pourra toujours passer, à l'aide de ce même côté du décagone, de l'une à l'autre des quintisectrices de l'angle donné, de son supplément et de son complément, et par suite choisir pour opérer celui de ces trois angles qui sera moindre que 45°. Or, l'angle de 45° est lui-même plus petit que quatre fois 11°58′, l'angle qui, divisé en 5 parties, donne une minute d'erreur, quand on emploie le procédé du § XV.

On pourra également diviser un angle quelconque en tout nombre impair non premier de parties jusqu'à $49 = 7 \times 7$; car ce nombre contiendra nécessairement comme facteur 3 ou 5, et lorsqu'on aura divisé l'angle donné en 3 ou en 5 parties, le résultat de cette division, pourvu qu'on opère sur un angle moindre que 180°, sera un angle plus petit que le quadruple de celui dont on peut opérer la division, à moins d'une minute près, dans le nombre de parties exprimé par le second facteur. Il y a une réserve à faire pour les diviseurs 9, 15, 21, 25, 27; mais comme tous ces diviseurs, excepté 21, ne contiennent que les facteurs 3 et 5, on pourra encore opérer une seconde division, et pour 27 une troisième, par les moyens déjà indiqués pour ces deux diviseurs. Quant à la division en 21 parties, elle pourra aussi s'effectuer jusqu'à une valeur de 159° de l'angle donné; car le tiers de 159° est 53°, ou à peu près le quadruple de l'angle de 13°18′, dont la division en 7 par le procédé du § XV donne l'erreur de 1′. Au dessus de 159°, l'erreur commise dans la division en 21 parties serait plus grande que 1′. Pour un angle de 180°, elle serait de 1′26″,3, ce qui pourrait d'ailleurs s'admettre si l'on n'avait pas besoin d'une très grande exactitude.

§ XVIII. — *Compensation des erreurs.* — Les procédés qui viennent d'être décrits n'étant qu'approximatifs, il se produira des erreurs dans chacune des deux divisions successives, et il importe de savoir en établir la compensation.

Toutes les fois que la première division se fera en trois parties, le procédé employé étant théoriquement exact, et les erreurs ne pouvant provenir que d'un défaut d'exécution, on ne saurait en indiquer le sens. J'ai fait voir que ces erreurs ne pouvaient être que très petites, et il n'y a pas lieu de s'en préoccuper. On devra

considérer la division en trois comme exactement faite; seulement, on aura soin, si l'on veut une grande exactitude et que les circonstances le permettent, d'employer une bissection de plus qu'il n'eût été théoriquement nécessaire.

Dans tout autre cas, on devra remarquer que l'emploi du procédé du § XV donne toujours, pour la $m^{ème}$ partie de l'angle sur lequel on est arrivé à l'exécuter, une valeur trop petite. En effet, ce procédé repose sur l'hypothèse des sinus dans le rapport des angles, et en réalité le sinus de la $m^{ème}$ partie est un peu plus grand que ce qui répondrait à cette hypothèse.

Il ne sera pas difficile, d'après cette remarque, d'établir la compensation dans les différents cas qui peuvent se présenter; car on saura qu'une sectrice que l'on construit est toujours un peu trop rapprochée de la ligne par rapport à laquelle on l'établit, et par suite on pourra toujours savoir de quel côté a été portée la sectrice de la première division, près de laquelle on veut construire celle qui résultera de la seconde division. On devra toujours construire cette dernière, par rapport à celle qui lui sert de base, du côté même où celle-ci a été portée; en effet, si la seconde division se faisait exactement, la sectrice cherchée serait affectée d'une erreur de direction dans le même sens que sa base; mais comme la nouvelle erreur commise la rapproche de cette base, il y a une compensation.

§ XIX. — *Division d'un angle en* $2^m + n$ *parties.* — Soit (fig. 7) BAC $= a$ l'angle à diviser en $2^m + n$ parties.

On obtiendra par des bissections successives l'angle CAD $= \frac{a}{2^m}$.

Je suppose CAI $= \frac{a}{2^m + n}$, et par un point quelconque G, pris sur AC, je mène la parallèle GI à AD.

La différence IAD $=$ AIG entre $\frac{a}{2^m}$ et $\frac{a}{2^m+n}$ sera $\frac{a}{2^m} \times \frac{n}{2^m+n}$;

le rapport de AIG à $\frac{a}{2^m}$ sera donc $\frac{n}{2^m+n}$, et si ces angles sont assez petits, ce sera aussi, à peu de chose près, le rapport de leurs sinus, et par suite des côtés AG et AI du triangle AGI.

De là, le procédé approximatif suivant pour diviser l'angle a en $2^m + n$ parties égales :

On le divise préalablement (¹) par des bissections en 2^m parties; sur le côté de l'angle, on prend un point G par lequel on mène une parallèle GI à la sectrice en 2^m la plus rapprochée de ce côté; on divise la longueur AG en n parties; puis, du sommet A comme centre, avec une ouverture de compas égale à 2^m+n de ces parties, on décrit un arc de cercle qui coupe la parallèle GI au point I'; joignant GI', on a approximativement la sectrice cherchée.

On remarquera que ce procédé a une grande analogie avec celui employé pour la division des petits angles. Les bissections préalables pour obtenir $\frac{a}{2^m}$ étant faites, on passe par une série d'opérations tout à fait analogues, et qui deviennent identiques lorsque $n=1$. Dans ce dernier cas, en effet, on a $\text{AIG} = \frac{a}{2^m} \times \frac{1}{2^m+1}$; ce qui montre qu'au lieu de diviser a en 2^m+1 parties, c'est l'angle $\frac{a}{2^m}$ que l'on divise dans le même nombre de parties. On diminue ainsi beaucoup l'erreur, à cause de la petitesse relative de l'angle $\frac{a}{2^m}$.

§ XX. — *Division d'un angle en 2^m-n parties.* — Soit (fig. 8) $\text{BAC} = a$ l'angle à diviser en 2^m-n parties égales.

Je construis, comme ci-dessus, par des bissections successives $\text{CAD} = \frac{a}{2^m}$, puis je suppose un angle $\text{CAI} = \frac{a}{2^m-n}$ et une parallèle GD à AI passant par un point G pris d'une manière quelconque sur AC.

(¹) Il ne faut pas confondre les bissections qui sont parties intégrantes de ce procédé et de celui du paragraphe suivant, et qui ont pour but d'obtenir l'angle $\frac{a}{2^m}$, avec celles antérieures à l'application d'aucun procédé défini, et qui ont pour but de substituer à un angle sa moitié ou son quart pour diminuer l'erreur. Je donnerai à ces dernières le nom de *bissections préparatoires*, et à celles qui font partie d'un procédé le nom de *bissections préalables*. On évitera ainsi de la confusion. Il y a bien quelques cas où ces deux emplois de la bissection reviendront exactement au même; mais, en général, ils constitueront deux opérations bien distinctes.

La différence IAD = ADG des angles $\frac{a}{2^m - n}$ et $\frac{a}{2^m}$ sera $\frac{a}{2^m - n} \times \frac{n}{2^m}$, et par un raisonnement analogue à celui du paragraphe précédent, on concluera que les longueurs AG et AD sont à très peu de chose près dans le rapport de n à 2^m.

Il en résulte que, pour diviser l'angle a en $2^m - n$ parties, on devra commencer à le diviser en 2^m parties au moyen de m bissections; on prendra ensuite sur AC une longueur quelconque AG, que l'on divisera en n parties, et l'on portera sur AD une longueur AD′ égale à 2^m de ces parties; on joindra GD′, et par le sommet A on lui mènera une parallèle AI′; AI′ sera approximativement la sectrice cherchée.

Quelques-unes des opérations par lesquelles on passe dans ce dernier procédé sont inverses de celles qui constituent les procédés du paragraphe précédent et du § XV. Par cette raison, je le nommerai *procédé inverse,* en donnant aux deux autres, dont l'emploi sera plus fréquent, le nom de *procédés directs.* Le procédé du § XIX sera le *procédé général direct.*

§ XXI. — *Division des angles en un nombre quelconque de parties.* — Le procédé général direct et le procédé inverse donnent le moyen de diviser un angle en un nombre quelconque de parties, et particulièrement en un nombre premier, ce que nous ne savions encore faire que pour de petits angles; car, tout nombre, y compris les nombres premiers, peut se mettre sous la forme $2^m + n$ ou $2^m - n$.

§ XXII. — *Évaluation de l'approximation obtenue.* — Pour le procédé général direct, on obtiendra la valeur de l'erreur commise en calculant la valeur réelle de AIG (fig. 7), qui est, comme on l'a vu, $\frac{a}{2^m} \times \frac{n}{2^m + n}$, et en en retranchant sa valeur approximative $AI'G = x$, que l'on obtiendra à l'aide de la formule :

$$\text{Sin}\, x = \frac{n}{2^m + n} \sin \frac{a}{2^m},$$

qui exprime l'hypothèse sur laquelle est basée la construction de cette valeur approximative.

Pour le procédé inverse, on obtiendra encore par le calcul la valeur réelle de ADG (fig. 8) qui est $\frac{a}{2^m} \times \frac{n}{2^m - n}$. Pour la valeur approximative AD'G $= x$, qu'il faudra en retrancher pour avoir l'erreur DGD' $=$ IAI', on aurait :

$$\text{Sin}\, x = \frac{n}{2^m} \sin \text{I'AC}.$$

Mais l'angle I'AC n'est pas connu; il est d'ailleurs égal à $\frac{a}{2^m} + x$. Remplaçant I'AC par cette valeur dans l'équation qui précède, développant et transformant, il viendra :

$$\text{Tg.}\, x = \frac{n \sin \frac{a}{2^m}}{2^m - n \cos \frac{a}{2^m}};$$

et l'on pourra obtenir la valeur de x par logarithmes au moyen des formules :

$$u = n \cos \frac{a}{2^m} \qquad \text{Tg}\, x = \frac{n \sin \frac{a}{2^m}}{2^m - u}.$$

Pour trouver, au moyen des formules du présent paragraphe, l'angle à diviser a qui répond à une erreur déterminée, on aurait encore recours à la méthode de fausse position.

§ XXIII. — *Applications aux diviseurs premiers.* — Le diviseur premier 7 pourra se mettre sous la forme $2^3 - 1$; la division en sept devra donc se faire par le procédé inverse. L'angle à diviser qui donnerait une minute d'erreur serait 93° 3′ 40″. On pourra donc opérer la division en sept de tous les angles jusqu'à 180°, en se servant, pour les angles obtus seulement, d'une simple bissection préparatoire, et appliquant ensuite à l'une des moitiés le procédé inverse; on aura bien soin de construire la septisectrice la plus voisine de la bissectrice, pour avoir en même temps une septisectrice de l'angle total.

On a vu que la division en 21 parties ne pouvait s'opérer, à moins d'une minute près, par la méthode des §§ XV, XVI et XVII,

que pour des angles moindres que 159°. Si maintenant l'on divise en trois un angle jusqu'à 180°, il restera à diviser en sept un angle toujours moindre que 60°; ce qui se fera immédiatement par le procédé inverse. Pour des angles moindres que 159°, on aurait le choix entre les deux méthodes. Celle des §§ XV, XVI et XVII est plus prompte, l'autre plus exacte; les circonstances et le but à atteindre devront guider.

Le diviseur 11 peut se mettre sous les deux formes 2^3+3 et 2^4-5.

Pour la première forme, 2^3+3, on emploie le procédé direct, qui comporte, dans ce cas, trois bisections préalables. L'angle pour lequel l'erreur est 1′ est de 87° 20′ 20″; pour un angle de 90°, l'erreur serait 1′ 5″, 66. On pourra donc, à la rigueur, se servir de cette marche pour la division en 11 de tous les angles jusqu'à 180°, en employant pour les angles obtus une seule bissection préparatoire, et ce serait seulement pour les angles au-dessus de 175° que l'on aurait une erreur de plus d'une minute.

Pour la seconde forme de 11, 2^4-5, on emploierait le procédé inverse, qui comporterait quatre bissections préalables. L'angle pour lequel l'erreur est 1′ est de 102° 18′ 50″. L'erreur pour un angle de 90° n'est que de 40″, 85; cette marche donne donc une plus grande approximation que la précédente; mais, comme elle exige une bissection de plus, il n'y aurait lieu de s'en servir que pour des angles très rapprochés de 180° et s'il était nécessaire d'obtenir une très grande exactitude.

Pour le diviseur 13, la forme 2^3+5 donnerait des erreurs trop considérables pour les grands angles.

En général, quand n sera considérable par rapport à 2^m, on aura de plus grandes erreurs. La petitesse de l'erreur dépendra, en effet, de deux causes : d'une part, de ce que le rapport des sinus sera plus approché de celui des angles, ce qui existera d'autant plus que les angles sur lesquels on sera amené à opérer seront plus petits, et aura pour résultat une moindre différence entre AI et AI′ (fig. 7) ou AD et AD′ (fig. 8); d'autre part, de la valeur des angles AIG ou ADG des mêmes figures. Il est facile de reconnaître, en effet, que pour une même différence entre les longueurs AI et AI′ ou AD et AD′, on aura une erreur plus ou moins grande,

selon que les angles AIG ou ADG seront plus ou moins grands; or, la valeur de ces angles augmente avec celle de n. Ce ne sera donc que lorsque l'angle $\frac{a}{2^m}$ étant très petit, l'erreur devra être nécessairement aussi très petite, que l'on pourra employer de grandes valeurs relatives de n.

Pour la forme de 13, 2^4-3, l'angle pour lequel l'erreur est 1′ est de 148° 14′; en sorte que, jusqu'à 180°, il suffira toujours d'une bissection préparatoire, qui ne sera même nécessaire que pour des angles déjà assez obtus.

Avec le diviseur 17, la seule forme à adopter est évidemment 2^4+1, à cause de la faible valeur de n dans cette forme; avec le diviseur 19, la forme à adopter serait 2^4+3. Pour un angle à diviser de 180°, l'erreur serait de 15″, 23 seulement avec le diviseur 17, et de 40″ avec le diviseur 19. On voit bien ici l'influence du terme n. Pour ces deux diviseurs, on pourra opérer sur tous les angles jusqu'à 180°, sans recourir à d'autres bissections que celles que comporte le procédé lui-même.

La forme naturelle du diviseur 23 semble être 2^4+7. Pour cette forme, l'angle à diviser qui répond à une erreur de 1′ est de 169° 30′ 15″. L'erreur pour un angle de 180° est de 1′ 11″, approximation dont on pourra généralement se contenter. En se servant de la forme 2^5-9, l'erreur, pour un angle à diviser de 180°, ne serait que de 31″,44; mais il y a en réalité désavantage à l'employer, et il sera préférable, lorsque l'on voudra obtenir une grande exactitude, d'opérer une bissection préparatoire, et d'appliquer à la moitié de l'angle le procédé général direct, pour la forme 2^4+7. Il y a en effet alors, dans les deux marches, le même nombre de bissections à opérer, et, pour un angle à diviser de 180°, l'erreur n'est plus, pour la dernière indiquée, que de 9″ au lieu de 31″,44 que donne l'emploi de la forme 2^5-9.

Le nombre premier qui vient après 23 est 29, dont la forme sera toujours 2^5-3. L'erreur, pour un angle à diviser de 180°, n'est que de 4″,48, c'est à dire insignifiante.

Pour tous les nombres premiers plus grands que 29, l'erreur dans la division d'un angle de 180° serait moindre que 1′. On devra, en général, adopter pour ces diviseurs la forme qui donnera la plus petite valeur à n. On n'aura, du reste, pour ainsi dire jamais

à effectuer la division d'un angle en un aussi grand nombre de parties.

§ XXIV. — *Modification pratique des procédés de division.* — Si, dans un dessin en cours d'exécution, on avait déjà un angle divisé en k parties et qu'on eût encore à le diviser en $k \pm n$, on pourrait se servir de la division en k comme division préalable, pourvu que n ne fût pas trop grand, et on éviterait ainsi des bissections. On peut, en effet, dans toutes les formules relatives aux procédés généraux, soit direct, soit inverse, remplacer 2^m par k, sans altérer en rien les considérations qui ont conduit à ces formules, et il sera très facile de modifier les procédés en conséquence. Il serait trop long de rechercher dans quelles limites on pourra user de cette faculté; ce sera surtout une affaire d'habitude. On peut penser cependant, par analogie avec ce qui a lieu dans les cas que nous avons examinés, que n ne devra pas dépasser la moitié de k pour la forme $k+n$, et le tiers pour la forme $k-n$; mais il sera prudent de ne pas aller jusqu'à ces limites. On ne devra d'ailleurs, pour de petits diviseurs, appliquer cette méthode qu'à des angles moindres que 90°.

§ XXV. — *Division des angles jusqu'à 360°.* — On a pu remarquer que, dans aucun cas de division jusqu'à 180°, il n'y avait nécessité absolue d'aller jusqu'à la quadrisection préparatoire. On pourrait donc, au moyen de ce dernier artifice, diviser les angles jusqu'à 360°. Il conviendra de choisir le quart sur lequel on devra opérer d'après ce qui a été dit au § XVI. Cependant, toutes les fois que l'on se servira des procédés généraux des §§ XIX et XX, on devra modifier la règle, en ce sens qu'elle ne sera applicable que lorsque le nombre n sera lui-même de la forme $4l+1$, et qu'il faudrait la renverser s'il était de la forme $4l-1$. Dans ce dernier cas, lorsque le diviseur serait de la forme $4p+1$, on devrait opérer sur l'un des quarts médians, et, au contraire, opérer sur l'un des quarts extrêmes, quand le diviseur serait de la forme $4p-1$. On ne devra pas oublier qu'il faut, dans tous les cas, exécuter la construction du côté de la quadrisectrice.

On peut, en modifiant convenablement les marches à suivre que j'ai indiquées, arriver à des méthodes assez simples et très exactes pour la division de la circonférence en parties égales, et inscrire, par suite, des polygones réguliers d'un nombre quelconque de côtés.

Mais ce problème particulier a été l'objet de nombreux travaux, qui fournissent des solutions souvent très ingénieuses et plus que suffisantes pour tous les cas qui peuvent se présenter. Je donnerai donc seulement, comme spécimen, la marche à suivre pour diviser la circonférence en sept parties égales à l'aide d'un des procédés décrits dans ce travail.

On commencerait par prendre le sixième de la circonférence, dont la corde est égale au rayon, et l'on construirait par le procédé inverse, pour $7 = 2^3 - 1$, dans l'angle au centre de 60° qui intercepte le sixième de la circonférence, la septisectrice la plus proche d'un des côtés; cette ligne ferait avec l'autre côté un angle qui correspondrait au 7ᵉ de la circonférence; car il serait égal aux $\frac{6}{7}$ de $\frac{4 \text{ droits}}{6}$. L'erreur commise sur la direction de la septisectrice construite ne serait que de 16″, 14, et en recherchant par voie de subdivision les autres septisectrices de la circonférence, cette erreur se répartirait. Une erreur de 16″, 14 est d'ailleurs plus petite que celles que donnerait inévitablement l'emploi des instruments les plus parfaits dans une construction théoriquement exacte.

NOTE SUR LA STROPHOÏDE OBLIQUE.

On a vu dans le texte, au § V, que, si sur le côté AC (fig. 9) d'un angle BAC à partager en trois parties égales, on prend un point C duquel on abaisse une perpendiculaire sur l'autre côté AB, le point d'intersection de cette perpendiculaire et de la trisectrice la plus rapprochée du côté AB sera placé sur une courbe nommée *Strophoïde oblique*.

Pour obtenir cette courbe, on prend sur AB, FB = AF, et l'on joint CB que l'on prolonge de part et d'autre des points C et B; puis, sur chaque droite que l'on voudra mener par le sommet A, on porte de part et d'autre du point d'intersection de cette droite avec CB, des longueurs égales à la distance de ce point d'intersection au point B.

On retombe ainsi sur la propriété de la trisectrice qui a servi de base au deuxième procédé de trisection donné dans le texte.

Les deux strophoïdes que nous venons de considérer présentent plusieurs propriétés remarquables, soit particulières, soit collectives, qu'il est facile de reconnaître géométriquement; mais j'ai dû me borner à ce qui est rigoureusement relatif à la trisection.

---

fig. 5.

fig. 6.

LITH. GAULON

On retombe
de base au de

Les deux st
plusieurs pro
ves, qu'il est
me borner à

NOTE

SUR UN MOYEN DE PRODUCTION

D'ALCALOÏDES ARTIFICIELS

PAR M. E. ROYER

J'ai l'honneur de présenter à la Société la note suivante sur un procédé que je crois nouveau, de préparer des alcalis organiques artificiels.

Voici d'une manière générale en quoi ce procédé consiste.

On fait passer simultanément sur un métal porté à une température plus ou moins élevée : 1° des vapeurs d'alcool, d'éther ou d'un composé organique volatil quelconque oxygéné; 2° un composé gazeux de l'azote, AzO, AzO^2 ou même AzO^4.

En présence du métal qui agit comme réducteur, le corps organique perd son oxygène en partie ou en totalité; il en résulte des composés nouveaux à l'état naissant.

Le composé de l'azote subit une réduction analogue, et les corps qui se forment, se trouvant en contact à l'état naissant, il doit en résulter un ou plusieurs produits organiques contenant de l'azote dans leurs molécules et devant présenter tous les caractères génériques des alcaloïdes.

Les expériences que j'ai faites, aussi peu nombreuses qu'elles soient, sont cependant suffisantes pour confirmer, jusqu'à un certain point, les vues générales qui précèdent.

J'ai fait passer simultanément sur du cuivre chauffé au rouge des vapeurs d'alcool anhydre et du bioxyde d'azote obtenu par l'action de l'acide azotique étendu sur le cuivre ou sur le mercure.

Dans les diverses expériences que j'ai faites, j'ai toujours obtenu un produit liquide, jaune-foncé, transparent, ayant l'odeur de l'alcool dans lequel on aurait fait passer du gaz ammoniac. Ce liquide a la propriété de ramener au bleu le papier rouge de tournesol, de verdir le sirop de violette et de rougir le papier de curcuma; en un mot, il se conduit comme un véritable alcali.

Le produit obtenu dans l'une de ces expériences, soumis à la distillation fractionnée, a donné les résultats suivants :

Il commence à distiller à 74° centigrades; ensuite le thermomètre monte à 75° et reste stationnaire.

A partir de 75° le thermomètre monte assez rapidement jusqu'aux environs de 93°, où il y a un moment d'arrêt très marqué.

Au dessus de 93° jusqu'à 170° environ, le thermomètre n'a pas de point fixe, et vers la fin de l'opération, le produit qui distille devient d'un brun noirâtre. Il n'est pas homogène et semble formé de deux liquides : l'un aqueux, incolore, l'autre huileux et de couleur noirâtre.

Le liquide qui distille à 75° et qui constitue la moitié environ du produit soumis à la distillation, est transparent, légèrement jaunâtre, mobile et exhale une forte odeur ammoniacale. Il ramène au bleu le papier de tournesol, rougit celui de curcuma. Saturé par de l'acide chlorhydrique très étendu et évaporé, ce liquide donne un résidu cristallin assez minime qui paraît formé en grande partie de cristaux de chlorhydrate d'ammoniaque.

Le produit obtenu vers 93° présente une coloration très peu intense, mais il est cependant plus jaune que le précédent; comme lui il a l'odeur ammoniacale, mais peut-être moins pénétrante et moins franche; comme lui il bleuit le papier de tournesol et rougit celui de curcuma.

Quant au liquide noirâtre recueilli en dernier lieu, il paraît insoluble dans l'eau; il se dissout très bien dans l'acide chlorhydrique étendu. La dissolution filtrée et traitée par l'ammoniaque donne un précipité floconneux noir demi-solide, qui, après avoir été bien lavé, donne une odeur forte et insupportable qui rappelle la nicotine et qu'on ne saurait mieux comparer qu'à celle d'une vieille pipe qui n'a pas été fumée depuis quelques jours. — Cette odeur est tenace, pénétrante et prédispose aux nausées.

Même expérience en remplaçant le cuivre par le fer.

Dès le commencement de l'opération, il se produit un corps volatil solide qui se dépose dans le tube abducteur et dans le récipient, mais qui est emporté par le liquide qui distille ensuite. A la fin de l'opération, le récipient contient un liquide jaune et trouble; on le traite immédiatement par de l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique. Quand le liquide paraît en grande partie saturé, l'addition d'un peu d'acide donne lieu à un dégagement d'acide carbonique avec effervescence; cet acide carbonique devait évidemment se trouver dans les produits de la distillation à l'état de carbonate alcalin, et c'est probablement à lui que sont dus les cristaux qui ont apparu au commencement de la distillation.

Le liquide complètement saturé est filtré et évaporé jusqu'à la moitié environ de son volume; il est ensuite abandonné à l'évaporation spontanée dans le vide, en présence de l'acide sulfurique. Ce liquide, qui a notablement bruni dès qu'on a commencé à le saturer par l'acide chlorhydrique et dont la couleur est allée en se fonçant de plus en plus en tirant sur le rouge vineux, comme le fait d'ordinaire la nicotine dans les mêmes circonstances, donne des croûtes cristallines, les unes transparentes, les autres rougeâtres souillées d'une eau mère visqueuse d'une couleur brun foncé.

Ces croûtes, dissoutes de nouveau dans très peu d'eau, ont été distillées sur de la chaux vive.

Le liquide qui passe vers 100° est de l'eau chargée d'ammoniaque ou d'une base volatile soluble analogue. Saturé par de l'acide chlorhydrique et abandonné à l'évaporation spontanée dans le vide, il donne des cristaux affectant la forme de ceux du chlorhydrate d'ammoniaque. Ce sel chauffé sur une lame de platine, ne donne qu'un léger dépôt de charbon; chauffé dans un tube avec une dissolution de potasse, il laisse distiller un gaz qui rougit le papier de curcuma et répand des fumées blanches quand on présente à l'orifice du tube une baguette de verre trempée dans l'acide chlorhydrique; mais l'odeur de ce gaz est légèrement éthérée et semble s'éloigner de celle de l'ammoniaque.

Le produit qui passe vers 120° a l'apparence de l'eau; il est surnagé par de grosses gouttes huileuses de couleur jaune-foncé; On a séparé autant qu'on l'a pu, à l'aide d'un entonnoir, ces gouttes huileuses du produit qui les accompagnait.

Les deux liquides ainsi séparés, puis saturés tous les deux par l'acide chlorhydrique et évaporés, ont donné : le premier, une croûte cristalline imprégnée d'un liquide couleur lie de vin; ces croûtes, dépouillées, au moyen du papier Joseph, du produit qui les souille, présentent une odeur très forte et très caractérisée de *souris;* le second est resté liquide et n'a donné que quelques rares petits cristaux qui appartenaient probablement au produit précédent; il est couleur lie de vin, a une odeur qui rappelle la précédente, mais cette odeur est fortement marquée par l'odeur de pipe dont nous avons parlé plus haut.

En chauffant davantage la cornue, on obtient des gouttes noirâtres insolubles dans l'eau et solubles dans l'eau acidulée; l'ammoniaque fait naître dans la solution un précipité analogue à celui dont nous avons parlé; ce précipité demi-solide, demi-liquide se rassemble difficilement et possède au plus haut point l'odeur de pipe : cette odeur est insupportable; elle est si pénétrante et si tenace, que les habits s'en imprègnent et qu'on ne peut s'en débarrasser.

Je dois ajouter que dans toutes mes expériences, il se dégageait, au moment de la réaction, des torrents de gaz; ces gaz, qui traversaient plusieurs flacons laveurs, enflammés à leur sortie du tube, brûlaient avec une flamme variable, suivant la rapidité de la marche de l'expérience, depuis le blanc-bleu jusqu'à la couleur purpurine de la flamme du cyanogène. On a constaté que ces gaz étaient mêlés, même après leur passage dans les flacons laveurs, de produits alcaloïdes volatils qui jouissaient de la propriété, comme le gaz ammoniac, de ramener au bleu le papier de tournesol humide et de rougir le papier de curcuma. Dans la dernière expérience que j'ai eu occasion de faire, j'ai forcé ces gaz à passer dans de l'eau assez fortement chargée d'acide chlorhydrique; je n'ai pas réussi à arrêter complètement les produits organiques, car après leur passage dans le flacon d'eau acide les gaz présentaient encore, bien qu'à un moindre degré, la même action sur les papiers réactifs. Cela tenait probablement à ce que la grande vitesse avec laquelle avait lieu le dégagement des gaz ne leur donnait pas le temps, en passant dans le bain chlorhydrique, de se dépouiller complètement des alcalis qu'ils contenaient. Le bain, soumis à l'évaporation à feu nu, m'a donné un résidu salin

notable qui s'est malheureusement détruit et charbonné en grande partie et que je n'ai conséquemment pas pu étudier, mais qui m'a paru être un sel d'ammoniaque ou d'une base gazeuse analogue.

Comme on le voit, bien que ce travail ne soit pour ainsi dire qu'ébauché, et qu'il n'y ait pas eu d'analyses de faites, car le temps m'a manqué, il y a eu pourtant, dans ces opérations, production d'alcalis organiques paraissant distincts les uns des autres. Le procédé réussit, soit avec le cuivre, soit avec le fer, employés comme réducteurs; probablement réussirait-il bien, et peut-être mieux, avec d'autres métaux absorbant l'oxygène à des températures moins élevées, pourvu qu'à ces températures l'alcool pût être réduit ou décomposé. Aussi incomplets que soient ces résultats, je les donne pour montrer la possibilité pratique de produire des alcalis organiques par le procédé que j'indique.

J'ai l'intention de continuer ces expériences en essayant séparément l'action des composés gazeux de l'azote et celle des produits volatils organiques oxygénés, dont je pourrai disposer sur différents métaux portés à diverses températures, et de faire ensuite, en partant de ces données, la synthèse des alcaloïdes. Comme avec un pareil cadre ce travail doit être très long, d'autant plus long que ma profession ne me permet pas toujours de disposer de mon temps, j'ai cru qu'il serait utile d'indiquer aux chimistes qui ont plus de loisirs que moi, ce procédé qui me paraît destiné à donner aux expérimentateurs qui entreront dans cette voie, non seulement des composés alcaloïdes nombreux, mais d'autres produits dont la genèse et l'étude seront probablement fort intéressantes.

ESSAI

SUR LA CONSTITUTION CHIMIQUE

DE L'HUILE DE SCHISTE

PAR M. E. ROYER

Laurent a analysé l'huile de schiste, qu'il avait obtenu lui-même par la distillation de schistes bitumineux. Ses expériences l'ont conduit à considérer cette huile comme un mélange de plusieurs hydrogènes carbonés de la série C^nH^n.

Ce chimiste a pu isoler, par la simple distillation, plusieurs variétés d'hydrogènes carbonés, de l'eupione entre autres.

J'ai repris le travail de Laurent, mais en opérant sur l'huile de schiste qu'on trouve dans le commerce. —Voici le résultat de mes expériences :

Il m'a été impossible d'isoler aucun hydrogène carboné parfaitement défini et bouillant à une température constante. C'est en vain que j'ai eu recours à la distillation fractionnée la plus minutieusement conduite, je n'ai jamais pu obtenir, quelle que soit la cause qui modifie l'huile de schiste, un liquide distillant deux fois de suite entre des points thermométriques suffisamment rapprochés. Toutes mes expériences, qui ont été très nombreuses et qui m'ont pris beaucoup de temps, m'ont conduit à penser que l'huile de schiste est un mélange d'hydrogènes carbonés de la série C^nH^n, dont le degré de condensation augmente à mesure qu'on élève la température; en d'autres termes, que ces hydrogènes carbonés ne sont pas complètement définis, au moins quant au type numérique, dans l'huile de schiste du commerce, et qu'ils se forment en réalité, à chaque instant, par la condensation des

éléments dans l'acte même de la distillation. C'est ce qui expliquerait, jusqu'à un certain point, les différences de composition des diverses huiles de schiste du commerce. J'en ai vu, en effet, qui commencent à bouillir à 70° centigrades, d'autres seulement à 120°, d'autres enfin qui entrent à peine en ébullition vers 140°.

Quoi qu'il en soit, j'ai analysé par l'oxyde de cuivre différentes huiles du commerce, et j'ai opéré sur des parties qui passaient à la distillation à différentes hauteurs de l'échelle thermométrique, après les avoir laissées longtemps sur du chlorure de calcium fondu. Toutes m'ont donné à l'analyse des nombres qui se rapprochent de la formule CH ou de ses isomères, comme le prouvent les analyses suivantes faites sur les produits de la distillation de l'huile de schiste brute, produits qui, avant d'être soumis à l'analyse, ont été desséchés sur du chlorure de calcium fondu.

I. 0g460 de l'huile qui passe entre 160° et 175° ont donné :

Eau	0,583
Acide carbonique	1,437

II. 0g409 du produit qui passe entre 205° et 220° :

Eau	0,522
Acide carbonique	1,289

III. 0g359 passant entre 265° et 280° :

Eau	»
Acide carbonique	1,130

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I	II	III
Carbone	85,22	85,82	85,79
Hydrogène	14,13	14,17	»

La formule CH calculée, donne :

C	85,71
H	14,29

Ces nombres concordent bien avec ceux trouvés par Laurent.

Il fallait s'assurer ensuite si les produits qui, dans des expériences différentes, ont distillé à la même température, étaient bien les mêmes quant au type numérique, et, pour cela, il fallait fixer leurs équivalents. Pour y parvenir, j'ai essayé de prendre la densité de vapeur de ces produits; mais je n'ai pas réussi, soit

en opérant seul, soit en opérant avec des collaborateurs très habitués à ce genre de recherches. Le liquide, qui, introduit dans le ballon à densité, était incolore et limpide, devenait pendant l'opération rougeâtre et trouble, et laissait déposer sur les parois des taches résineuses. Il en résultait que l'ébullition transformait le produit en d'autres dont le moins condensé distillait, tandis que le plus lourd, condensé peut-être aux dépens de l'autre, restait dans le ballon et accusait un poids supérieur à celui qu'on aurait dû raisonnablement trouver. Cependant, cette hypothèse ne doit être émise qu'avec beaucoup de réserve, attendu que le ballon contenant de l'air, l'huile de schiste a pu s'oxyder par l'action de sa vapeur sur l'oxygène de ce fluide. Pour pouvoir se prononcer, il aurait fallu chercher à déterminer ces densités de vapeur dans un milieu exempt d'oxygène. — Quoi qu'il en soit, je ferai remarquer que Laurent n'a pas donné les densités de vapeur des corps qu'il dit avoir isolés, et qui, selon lui, bouillaient à des températures constantes.

Voyant que je ne pouvais pas parvenir à séparer les produits distincts qui, d'après Laurent, se trouvent dans l'huile de schiste, produits qui, selon moi, sont tout simplement les différents termes d'une échelle croissante de C^nH^n, dans laquelle n est une variable qui, dans l'acte de la distillation, va en s'élevant avec la température, j'ai essayé de savoir si je ne pourrais pas fixer ces différents produits au moyen des réactifs.

L'acide sulfurique concentré, et mieux l'acide de Nordhausen, m'ont donné, soit à froid, soit en élevant légèrement la température, plusieurs liquides rouge-brunâtres, qui, étendus d'eau et saturés par du carbonate de baryte, ont laissé déposer des cristaux brillants, limpides, à reflets nacrés. Ces produits constituent des *sulfo-schistates* analogues aux sulfo-vinates. Je m'occuperai de l'étude de ces corps dans un prochain travail; je dois dire, toutefois, que j'ai obtenu ces corps avec les parties les plus légères de l'huile de schiste.

J'arrive maintenant à l'action de l'acide azotique fumant.

Cet acide agit à froid et au bout d'un quart-d'heure environ, avec un dégagement considérable de bioxyde d'azote et d'acide hypo-azotique, et une grande élévation de température sur les produits de la distillation qui passent avant 200° à 210°.

Ces produits sont oxydés très énergiquement et transformés tout d'un coup en *acide oxalique*. La réaction de l'acide azotique fumant sur les produits qui passent au dessus de 210° est bien moins énergique; elle est lente, d'autant plus lente, que l'huile sur laquelle on agit est plus condensée. Il se forme un produit résineux, plus lourd que l'huile elle-même, et qui a une odeur excessivement pénétrante.

Ainsi, l'acide azotique fumant, en agissant sur l'huile de schiste, donne deux produits différents. Dans les huiles légères, j'ai constamment obtenu de l'acide *oxalique,* et, dans les huiles lourdes, il y a eu production de ce corps résineux dont j'ai parlé. Dans les huiles les plus lourdes, le liquide non attaqué se composait presque exclusivement de parafine.

La production de l'acide oxalique s'explique facilement avec la constitution chimique de l'huile de schiste.

On sait que le sucre, la fécule, etc., sont des corps de formule $C^nH^nO^n \pm m\,HO$; l'huile de schiste est un hydrogène carboné de la formule C^nH^n. On peut donc considérer théoriquement le sucre, la fécule, etc., comme de l'huile de schiste, plus de l'oxygène, plus ou moins une certaine quantité d'eau. Par suite, on peut admettre facilement la possibilité de la conversion de l'huile de schiste en acide oxalique.

Dans l'action de l'acide azotique fumant sur différents produits de l'huile de schiste, il s'est présenté un fait qu'il est intéressant de mentionner.

J'avais versé dans très peu d'huile de schiste, provenant des premières parties de la distillation, quelques gouttes d'acide azotique fumant; la liqueur s'était colorée en rouge jaunâtre intense, sans le moindre développement de chaleur : mais, au bout d'un certain temps, la température du mélange s'éleva peu à peu, et l'action fut tout à coup si énergique, qu'il se dégageait des torrents de gaz qui paraissaient un mélange d'acide hypoazotique et de bi-oxyde d'azote. L'effervescence un peu calmée, j'avais ajouté de l'acide azotique jusqu'à ce que la réaction cessât, et j'avais abandonné le produit à lui-même pendant quelques mois. Au moment où je l'examinai, le liquide contenait trois couches : la couche supérieure était de l'huile de schiste non attaquée; la deuxième était jaune rougeâtre et d'aspect huileux, son odeur était péné-

trante et n'avait pas la moindre analogie avec l'huile de schiste (ce produit mérite d'être sérieusement étudié); la couche inférieure était jaune serin foncé. Dans cette portion de la liqueur se trouvaient trois faisceaux cristallins, composés chacun de trois ou quatre petits cristaux qui semblaient rayonner autour d'un centre, et assez semblables à ceux qui se déposent dans les cornues quand on prépare l'acide oxalique au moyen de l'acide azotique et des matières féculantes ou sucrées. Conséquemment, je les pris tout d'abord pour de l'acide oxalique, et je les laissai, dans l'intention de les examiner plus tard.

C'est alors que parut la découverte de la transformation de la lactine et de la gomme en acide tartrique, au moyen de l'acide azotique, par M. Liebig. Cette découverte me fit réfléchir.

Comme je l'ai exposé plus haut, l'huile de schiste pouvant être considérée comme un saccharoïde, moins de l'oxygène, pourquoi l'hydrogène carboné de l'huile de schiste ne pourrait-il pas subir une transformation qui, avant de le convertir en acide oxalique, le ferait passer par des degrés intermédiaires d'oxydation? Pourquoi n'y aurait-il pas tout d'abord fixation d'oxygène sur l'huile de schiste pour donner un produit de même formule que les saccharoïdes, et ensuite destruction de ce produit pour arriver à la formation de l'acide tartrique, et finalement à l'acide oxalique, qui est la limite ultime de la réaction? — J'avoue que cette idée, si hypothétique qu'elle fût, avait un caractère d'analogie si frappant avec celle qui avait dû guider l'expérience de M. Liebig, que je m'empressai d'examiner la petite quantité de cristaux que j'avais à ma disposition.

La forme de ces cristaux était bien celle de l'acide tartrique: prismes obliques, transparents, légèrement striés; leur saveur était celle de l'acide tartrique; leur dissolution présentait toutes les réactions de cet acide. Une seule, et une des plus importantes, je ne me le dissimule pas, — la précipitation par les sels de potasse, — ne m'a pas réussi. Il est vrai de dire que la dissolution sur laquelle j'ai opéré était très étendue. Un cristal fut chauffé dans un verre de montre : il fondit, se boursouffla, et exhala l'odeur du caramel. Craignant de m'abuser sur l'odeur de ce corps et de prendre mes désirs pour la réalité, je sacrifiai mon dernier petit cristal à cette réaction caractéristique. Je le traitai comme précédemment, et je fis sentir le produit très hygrométrique qui en résulta à plu-

sieurs personnes séparément, qui toutes accusèrent une odeur très prononcée de caramel.

Les eaux-mères en petite quantité qui tenaient le sel en dissolution, séparées autant qu'on le put de l'huile de schiste qui les souillait, saturées par de l'ammoniaque, furent chauffées jusqu'à décomposition; elles donnèrent d'épaisses vapeurs qui répandirent dans le laboratoire l'odeur de *caramel,* comme l'avait fait l'acide lui-même.

Voilà un fait bien constaté : c'est que l'huile de schiste traitée par l'acide azotique peut donner des cristaux qui jouissent de la propriété de se décomposer par la chaleur, de se boursouffler, en répandant l'odeur de caramel, propriété qui appartient au sucre ou aux tartrates.

Est-ce réellement de l'acide tartrique auquel j'ai eu à faire? Dans ma pensée, c'est de l'acide tartrique ou un nouvel acide qui présente presque toutes les propriétés de ce dernier. Cependant on ne peut rien affirmer avant que la réaction par les sels de potasse et l'analyse organique ne soient venues éclairer tout à fait cette question.

Je ne terminerai pas ce travail sans présenter, sous toutes réserves, les observations suivantes :

On sait que M. Sainte-Claire Deville prépare en grand le sodium pour la séparation de l'aluminium. Le sodium qui distille des appareils va se condenser dans l'huile de schiste, qui est employée de préférence à l'huile de naphte, à cause de son bas prix. J'avais donc tout d'abord pensé que l'huile de schiste devait être sans action sur le sodium, et j'avais l'intention d'employer ce corps pour la dessécher facilement.

Les expériences suivantes semblent devoir contrarier cette opinion.

On a fait digérer de l'huile de schiste sur de la potasse en dissolution concentrée, puis on l'a distillée sur de la potasse caustique en morceaux. Le produit a été distillé deux fois sur du sodium : on a recueilli et analysé les liquides qui passent à différentes températures, on a obtenu les résultats suivants :

1° 0g446 de matière passant vers 130° ont donné :

Eau.................	0,547
Acide carbonique	1,572

2° 0g496 de la même substance ont donné :

Eau................. 0,602
Acide carbonique..... 1,572

3° 0g344 du liquide qui passe vers 195° ont donné :

Eau................. 0,424
Acide carbonique..... 1,807

4° 0g279 d'un autre échantillon d'huile de schiste traitée de la même manière, et au-dessus de 200°, ont produit :

Eau................. 0,345
Acide carbonique..... 0,880

5° 0g309 de la même substance ont donné :

Eau................. 0,378
Acide carbonique..... 0,976

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	1°	2°	3°	4°	5°
Carbone.....	86,10 ...	86,49 ...	86,05 ...	86,02 ...	86,40
Hydrogène..	13,68 ...	13,51 ...	13,66 ...	13,62 ...	13,59

Il résulte des analyses précédentes que l'hydrogène est en même proportion dans tous ces composés, mais qu'il est représenté par un nombre moins fort qu'il ne l'était dans la composition de l'huile de schiste rectifiée seule.

Quant au carbone, il est représenté par des nombres plus forts.

Les analyses 1°, 3°, 4°, ont donné des pertes légères qui évidemment doivent être mises sur le compte du carbone; car, dans les analyses de corps volatils et très riches en carbone, comme ceux dont il s'agit, il est très difficile de brûler la totalité de ce corps. Cela tient évidemment à ce qu'une partie de l'huile de schiste, quelque soin qu'on prenne de la placer entre deux feux, va se loger dans la partie postérieure du tube à combustion, qu'on ne peut pas chauffer, sous peine de fondre la pointe, de la même manière qu'on chauffe le reste du tube. Il en résulte que la substance qui gagne le fond du tube se trouve en contact avec de l'oxyde de cuivre à une température assez élevée pour la décomposer, pour brûler son hydrogène, mais insuffisante pour brûler son carbone. L'oxygène que l'on fait passer à la fin de l'opération

n'est pas apte à déplacer les parcelles de carbone et à les brûler, car il se trouve en contact avec elles dans la partie effilée du tube dont la température n'est pas assez élevée pour déterminer la combustion.

Si nous considérons les légères pertes éprouvées dans les trois analyses précitées, pertes qu'on pourrait négliger, à la rigueur, sans nuire à l'exactitude des analyses, comme provenant du carbone, — ce qu'il nous est permis de faire, puisque les nombres qui représentent l'hydrogène sont sensiblement les mêmes, et que l'huile de schiste ne contient que de l'hydrogène et du carbone, — les résultats plus haut trouvés deviennent :

	1°	2°	3°	4°	5°
Carbone	86,32	86,49	86,34	86,38	86,41
Hydrogène	13,68	13,51	13,66	13,62	13,59

Comme on le voit, ils ne correspondent pas à la formule CH, qui est représentée ainsi :

Carbone	85,71
Hydrogène	14,29

Ces formules paraissent correspondre à un hydrogène carboné de la forme

$$C^n H^{n-1}$$

qui aurait pour composition, si on suppose successivement $n=16$, $n=20$ et $n=18$:

Carbone	86,49	86,33	86,40
Hydrogène	13,51	13,67	13,60

Ces trois formules calculées s'accordent parfaitement avec les formules trouvées.

Au reste, ces produits diffèrent non seulement de l'huile de schiste par leur composition, ils en diffèrent beaucoup aussi par leurs propriétés physiques : ils sont incolores, beaucoup plus mobiles qu'elle; leur odeur, qui est assez agréable, pénétrante et légèrement éthérée, n'a pas la moindre analogie avec celle de l'huile de schiste. Il y a donc réellement modification profonde de la substance primitive aux dépens du sodium, qui, par l'ébullition, disparaît complètement ou forme avec elle un magma rougeâtre qui, traité par l'eau, régénère de l'huile et de la soude.

ACTION DU PHOSPHORE

SUR

L'ESSENCE DE TÉRÉBENTHINE

PAR M. E. ROYER

Lorsqu'on distille de l'essence de térébenthine sur du phosphore parfaitement desséché entre des feuilles de papier Joseph, le récipient et l'allonge se remplissent d'une matière blanche, laiteuse, amorphe, qui a l'aspect d'une émulsion de savon; outre ce produit singulier, on trouve dans le récipient des petits cristaux de phosphore entraînés pendant la distillation.

Peu à peu ce produit floconneux se concrète et prend l'aspect d'une résine excessivement visqueuse et d'un blanc nacré. Il est complètement insoluble dans l'eau, un peu soluble dans l'alcool, d'où il se dépose par l'évaporation sous forme d'une gelée dont l'odeur rappelle celle du phosphore.

Ce corps brûle avec une flamme fuligineuse en donnant moins de fumée que l'essence de térébenthine; il émet en brûlant l'odeur caractéristique du phosphore, et pendant la combustion qui a lieu avec pétillements, on aperçoit de légers nuages d'acide phosphorique. Ce produit, qui est difficilement maniable à cause de son extrême viscosité, et qu'il est, par suite, presque impossible de séparer complètement des dernières traces d'essence, n'a pu être assez purifié pour être soumis à une analyse exacte. Toutefois, il paraît être une véritable résine phosphorée. Il est à remarquer que pendant l'expérience nous avons constaté qu'il n'y a pas de dégagement de gaz, et en particulier, d'hydrogènes phosphorés qui

se seraient formés, sans nul doute, si l'essence de térébenthine ne s'était pas combinée ou juxta-posée au phosphore de toutes pièces. Cette résine est-elle réellement une combinaison bien définie? L'analyse seule aurait pu le dire, s'il avait été possible de purifier suffisamment le produit.

Peut-être pourrait-on supposer que cette matière n'est simplement qu'une modification de l'essence de térébenthine sous l'influence du phosphore, et que cette modification a pour ainsi dire renfermé dans sa masse de l'essence tenant en dissolution un peu de ce corps.

Ne peut-on pas penser aussi que ce produit a besoin, pour se former, de l'intervention du phosphore et de l'air? On sait, en effet, que l'essence de térébenthine qui distille à 158° et dont la vapeur est très lourde, se condense presque immédiatement dans les appareils distillatoires, et que sa vapeur ne remplit presque jamais, quand la distillation est modérée, l'allonge et le col du récipient; il y a donc à chaque instant des condensations qui permettent la rentrée de l'air. Cela est si vrai, que lorsqu'on distille de l'essence de térébenthine déjà rectifiée dans un appareil distillatoire ordinaire, comme ceux dont on se sert dans les laboratoires de chimie (cornue, allonge et récipient), l'essence rougit dans la cornue à mesure qu'elle distille, parce qu'elle absorbe l'oxygène de l'air qui pénètre jusqu'à elle en traversant tout l'appareil.

Cela posé, la vapeur d'essence entraînant du phosphore avec elle, comme l'a constaté l'expérience précédente, ne peut-il pas se faire que l'oxygène de l'air, rencontrant les vapeurs de phosphore à cette température, il se fasse une combinaison particulière de phosphore et d'oxygène apte à se combiner avec l'essence de térébenthine, pour donner finalement le produit observé? Cette opinion, qui ferait intervenir l'oxygène dans la composition du produit, paraît assez plausible si l'on remarque que ce produit brûle en répandant moins de fumée que l'essence elle-même, qui, comme on le sait, ne contient pas d'oxygène.

Pour connaître la valeur respective de ces deux opinions, j'ai fait l'expérience suivante : J'ai placé du phosphore bien sec dans un ballon d'un quart de litre environ, et je l'ai recouvert d'essence de térébenthine, de manière à remplir les trois quarts du ballon; le bouchon qui fermait le ballon était traversé par un tube droit de

cinq millimètres de diamètre, effilé à la partie supérieure et d'une hauteur d'un mètre environ.

Cela fait, je fis bouillir le liquide. Au bout de quelque temps, les vapeurs d'essence s'élevèrent jusqu'aux deux tiers environ du tube; mais à mesure qu'elles s'élevaient, elles retombaient dans le ballon. De temps en temps quelques vapeurs parvenaient jusqu'à l'extrémité effilée du tube, qui, au même moment, paraissait surmonté d'une fine aigrette verte due à de la vapeur de phosphore. L'expérience dura dix-huit heures, et pendant ce temps, l'ébullition marchait d'une manière uniforme, attendu que le ballon était chauffé par une source de chaleur constante. A la fin de l'opération, l'essence n'avait pas sensiblement diminué, et le ballon ne contenait aucune trace du produit que nous venons de décrire. Le liquide du ballon qui avait conservé sa couleur primitive ou à peu près, contenait un peu de phosphore en dissolution. Quant au reste du phosphore qui constituait à peu près les neuf dixièmes de ce qu'on avait employé, il avait pris l'aspect de la cire et était coloré dans toute sa masse d'une teinte très riche jaune orange tirant sur le rouge. Ce phosphore, bien qu'il ait un aspect cireux, a une consistance aussi grande, sinon plus grande que celle du phosphore ordinaire; il a à peu près le même point de fusion que lui et semble posséder les mêmes propriétés chimiques; comme lui il fume à l'air et s'enflamme par le moindre frottement; comme lui il se dissout entièrement dans le sulfure de carbone, et le résidu de l'évaporation, qui est rouge, s'enflamme spontanément au contact de l'air; il se conserve parfaitement bien dans l'eau distillée bouillie; dans l'eau non bouillie, il se couvre d'une couche blanchâtre, comme le fait le phosphore ordinaire.

Ce corps, fondu plusieurs fois dans l'eau chaude, garde toujours la même couleur; pendant qu'il était encore tout en fusion dans l'essence de térébenthine à 158°, on a plongé subitement et brisé le matras qui le contenait sur le fond d'une grande terrine pleine d'eau froide : il s'est solidifié immédiatement, mais il a gardé sa couleur.

Des expériences que nous venons de citer, expériences qui plusieurs fois répétées ont donné des résultats concordants, et des réflexions qui précèdent, il résulte :

1° Que l'essence de térébenthine qui distille sur du phosphore, dans des appareils où l'air peut avoir accès, donne un composé

résineux blanc nacré très visqueux, qui contient du phosphore soit mélangé, soit combiné.

2° Que ce corps ne se forme pas quand on empêche l'air d'arriver dans ces appareils distillatoires et de se mettre en contact avec la vapeur chaude de l'essence, qui emporte avec elle des vapeurs de phosphore.

3° Qu'en chauffant à l'abri de l'air et pendant un certain temps du phosphore dans l'essence de térébenthine, qui garde, pendant toute la durée de l'ébullition, une température constante (158° à 160°), on le modifie quant à la couleur, qui devient d'un beau jaune orange tirant sur le rouge, sans altérer ses propriétés chimiques et ses autres propriétés physiques; que cette modification de couleur est constante et qu'elle persiste malgré les fusions, les solidifications et les dissolutions dans un véhicule approprié.

EXPÉRIENCES

RELATIVES

AUX MODIFICATIONS QUE LES PHOSPHATES ÉPROUVENT DANS LE SOL ARABLE

PAR A. BAUDRIMONT

professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux

Les phénomènes qui s'accomplissent dans le sol arable, pendant la période de la végétation, m'ont toujours paru être une des parties les plus intéressantes de l'agrologie. En effet, c'est dans le sol que se prépare la majeure partie des aliments des plantes; c'est là qu'ils subissent une foule de modifications jusqu'à ce qu'ils soient arrivés au point d'être assimilables. C'est là que les éléments naturels du sol même, les engrais, les eaux d'infiltration et les éléments de l'atmosphère, mis en présence des végétaux, sous l'influence multiple de l'action solaire et des agents météoriques, réagissent les uns sur les autres, et donnent finalement les produits qui doivent concourir à la production fondamentale de la matière organique.

J'ai rassemblé les faits qui se rattachent à cet ordre de phénomènes, et tous les ans je consacre environ deux leçons pour les exposer dans le Cours de Chimie agricole dont je suis chargé. J'avouerai qu'il existe bien des lacunes dans cette partie des applications de la science, et qu'il se présente même quelquefois des contradictions apparentes.

Les éléments ultimes qui concourent à la formation de la matière organique sont le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote, qui sont amenés finalement, quelle que soit leur origine, à l'état d'eau, d'acide carbonique et d'ammoniaque. L'eau et l'acide carbonique

dominant, ces produits ne peuvent rester en présence sans qu'il se forme du bi-carbonate d'ammoniaque, qui contient à lui seul les quatre éléments ultimes et principes de toute matière vivante.

D'une autre part, l'acide carbonique en excès doit dissoudre diverses parties minérales, telles que la chaux, la magnésie, le fer, le manganèse et les phosphates, en les amenant à l'état de bi-carbonates (1). Il doit en être de même à l'égard de la potasse et de la soude qui ont pu être carbonatées et qui passent ainsi à l'état de bi-carbonates. L'acide carbonique dissout encore le phosphate tricalcaire, le phosphate de magnésie, la silice et le fluorure calcique, qui, passant dans les végétaux, se retrouve jusque dans les os de l'homme.

Comment les phosphates se comportent-ils en présence de ces divers agents? Le bi-carbonate d'ammoniaque et ceux de potasse et de soude s'opposent-ils à la dissolution de ces sels? Dans quel état l'acide phosphorique pénètre-t-il dans les végétaux? Ce sont là autant de questions dont la solution intéresse autant la physiologie végétale que l'agrologie, et qui méritaient d'être élucidées par des recherches spéciales.

Le phosphate de fer méritait aussi que l'on s'en occupât; car, par suite de l'emploi du sulfate de fer pour désinfecter les matières fécales destinées à la fabrication de la poudrette, les phosphates qu'elles contiennent se trouvent transformés en ce sel; c'est au moins celui que l'on en retire par l'analyse. La découverte que l'on a fait en France, de coprolithes qui en renferment une quantité considérable, ne fait qu'ajouter à l'intérêt qui se rattache à cette étude.

C'est par le phosphate de fer que j'ai commencé mes expériences. Déjà M. Paul Thenard s'en était occupé, et avait fait voir qu'il était décomposé par les silicates alcalins; j'ai dû vérifier ce fait.

Le phosphate de ferricum tribasique, tel qu'il est obtenu par la précipitation, est blanc et contient cinq équivalents d'eau; de telle manière, que la formule représentative de sa composition est PO_8 Fec_4 5HO. Par la calcination, ce phosphate perd l'eau qu'il renferme, et devient brun, très foncé, presque noir. C'est là un

(1) La chaux contenue dans les eaux propres à l'agriculture n'est point en général à l'état de bi-carbonate; mais elle doit y parvenir dans le sol arable, où elle rencontre un grand excès d'acide carbonique.

caractère qui permet de le distinguer très facilement du phosphate tricalcaire.

Ce phosphate tenu en ébullition dans l'acide acétique ne s'y dissout point, car l'acide filtré ne laisse aucune trace de matière minérale par l'évaporation.

Si ce sel résiste à l'acide acétique, évidemment il ne pourrait être dissous par l'acide carbonique que sous une forte pression ou sous l'influence de la capillarité du sol; mais ce sont là des expériences que je n'ai pu terminer.

Le 20 mai 1859, une petite quantité de phosphate ferrique a été mise en présence, dans des flacons séparés, avec du silicate de potasse, du bi-carbonate de soude, du bi-carbonate de chaux et du carbonate de potasse, dissous dans l'eau distillée.

Le silicate de potasse a été rapidement décomposé, et a donné de la silice en gelée.

La liqueur a été saturée par l'acide azotique, évaporée à siccité, reprise par l'eau acidulée bouillante, puis filtrée : elle a donné un précipité notable de phosphate calcaire par le chlorure calcique et l'ammoniaque.

Le bi-carbonate de soude a aussi agi sur le phosphate de fer et l'a décomposé. Cela était rendu évident par le changement de couleur éprouvé par le phosphate de fer, qui était devenu d'un jaune ochracé. Une partie de la liqueur limpide qui surnageait au dessus du dépôt de phosphate a été saturée par l'acide azotique et soumise à l'ébullition. Elle a ensuite donné un précipité sensible par l'ammoniaque et le chlorure calcique, et un autre précipité beaucoup plus évident de phosphate ammoniaco-magnésien, par le sulfate de magnésie et l'ammoniaque.

Le phosphate de fer est donc décomposé dans le sol par le bi-carbonate de soude, et transformé en phosphate de soude.

Le carbonate de potasse n'a pas changé la couleur du phosphate de fer, et je n'ai pas poussé plus loin cette expérience.

Le bi-carbonate de chaux, saturé par l'acide azotique bouilli et mis en présence de l'ammoniaque, n'a donné rien de bien évident; ce qui tient sans doute à ce que le flacon employé ne fermait pas bien, et a perdu l'acide carbonique qu'il contenait.

Des occupations forcées m'avaient contraint d'abandonner ces expériences, lorsque j'ai trouvé que le phosphate tricalcaire était notablement soluble dans les sels ammoniacaux. J'ai opéré immé-

diatement sur les sels d'ammonium qui peuvent se trouver dans le sol arable. Le bi-carbonate, le sulfate, le chlorure, l'azotate, le phosphate : tous ces sels dissolvent le phosphate de chaux; ce dernier est celui qui en dissout le moins.

L'expérience est facile à faire; il suffit d'ajouter de l'ammoniaque à un sel ammoniacal, et d'y verser une dissolution de phosphate calcaire dans l'acide azotique diluée et saturée au point de précipiter par la moindre quantité d'ammoniaque, le précipité se redissout par l'agitation, et il ne peut en être de même lorsque l'on n'emploie que de l'ammoniaque. Ce fait à lui seul démontrait que la présence de l'ammoniaque dans le sol ne peut s'opposer à la dissolution des phosphates. J'ai cru devoir étendre ces expériences en opérant sur les principaux phosphates qui peuvent se trouver dans le sol ou y être introduits par des engrais, et enfin j'ai pensé qu'il conviendrait de déterminer la limite de cette solubilité, et chercher ce qui arrive avec le phosphate de fer mis en présence du bi-carbonate d'ammoniaque.

Le 9 juin 1862, une dissolution de bi-carbonate d'ammoniaque, contenant 15 grammes 8 de ce sel par litre, a été mise en contact avec les phosphates suivants : $PO_8\,Ca_3$, $PO_8\,Fec_3$, $PO_8\,Ma_2\,Am$, $PO_7\,Ca_2$, réduits en poudre impalpable; chacun d'eux était dans un flacon particulier. Ces flacons ont été souvent agités, et, après plusieurs mois de repos, les liquides clairs ont été décantés.

10 centimètres cubes de chacune de ces dissolutions ont été évaporés, et chauffés à une température suffisamment élevée pour chasser le bi-carbonate ammoniaque; elles ont laissé des résidus ayant les poids suivants :

I	$PO_8\,Ca_3$	0gr0050
II	$PO_8\,Fec$	0,0350
III	$PO_8\,Ma_2\,Am$	0,0250
IV	$PO_7\,Ca_2$	0,0070

Ces expériences ont été répétées et ont donné exactement le même résultat, excepté pour le phosphate de fer, qui a donné jusqu'à 0,0580 de résidu.

Ce résidu ressemblait à un vernis limpide et incolore, qui conservait cet état malgré l'action de la chaleur. Il s'est dissous dans l'eau, n'a donné aucun précipité par l'ammoniaque; il a donné, au contraire, un précipité de phosphate calcaire par l'am-

moniaque et le chlorure calcique, un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien par l'ammoniaque et le sulfate de magnésie.

Le phosphate de fer est donc décomposé par le bi-carbonate d'ammoniaque, et transformé en phosphate de cette base.

La variation de poids observée est sans doute due à une décomposition plus ou moins avancée, produite par l'action de la chaleur.

Le carbonate ammoniaco-magnésien a été complètement décomposé par la calcination, et n'a laissé qu'un résidu de phosphate bi-magnésique.

Les 10 centimètres cubes de dissolution de bi-carbonate d'ammoniaque contenaient 0g158 de ce sel. C'est donc cette quantité qui a dissous ou décomposé les quantités de phosphates indiquées précédemment.

Le même mode d'expérience aurait pu être employé pour l'azotate d'ammoniaque, qui est entièrement détruit par la chaleur; mais il n'eût pu l'être pour le chlorure, le sulfate et le phosphate, qui auraient donné des résultats erronés, par suite des réactions auxquelles ils auraient pu donner lieu, et des produits fixes qu'ils auraient abandonnés.

Afin d'avoir des dissolutions de phosphates entièrement saturées, sans être obligé d'employer un alcali ou l'ammoniaque, le 18 juin 1862, 2 grammes de chacun des phosphates suivants ont été mis en présence d'un décilitre d'acide azotique contenant 6g700 d'acide réel par litre (équivalent 63).

Ces mélanges ont été souvent agités, puis ils ont été décantés et filtrés; le phosphate non dissous a été recueilli, lavé et desséché. Les 2 grammes ont été réduits aux poids suivants :

		Résidu.	Différences ou sels dissous.
I	$PO_8\,Ca_3$	1g036	0,964
II	$PO_8\,Fec_2$	1,055	0,945
III	$PO_8\,Ma_2\,Am$	1,079	0,901
IV	$PO_7\,Ca_2$	0,483	1,517

La dissolution de phosphate tricalcaire a été mise en présence de diverses dissolutions titrées de sel ammoniacal, contenant une quantité d'ammoniaque suffisante pour saturer les 10 centimètres cubes d'acide azotique. En versant la dissolution de phosphate dans la liqueur ammoniacale, le phosphate ne devait pas être précipité entièrement. Le précipité pouvait être recueilli et pesé,

et de plus la liqueur ammoniacale pouvait être évaporée, calcinée, et donner ainsi une confirmation plus directe de la solubilité du phosphate.

Pour un décilitre, les dissolutions des sels ammoniacaux étaient équivalentes et avaient la composition suivante :

Bi-carbonate d'ammoniaque cristallisé..	1g58
Chlorure ammonique................	5,85
Azotate ammonique.................	8, »
Sulfate ammonique.................	6,6

Le phosphate tricalcaire mis en présence de ces sels a donné les résultats suivants :

	Poids du précipité.	Différence.	Résidu calciné.
Bi-carbonate d'ammoniaque...	0,0860	0,0104	0,0125
Chlorure ammonique........	0,0755	0,0209	0,0210
Azotate ammonique.........	0,0760	0,0204	0,0270
Sulfate ammonique..........	0,0730	0,0234	0,0360
Ammoniaque (non dosée)....	0,0900	0,0060	0,0090
Acétate de soude seul.......	0,0220	0,0744	»

D'après les expériences précédentes, les 10 centimètres cubes de dissolution de phosphate tricalcaire devaient contenir 0,0964 de ce sel. La deuxième colonne indique la différence entre cette quantité et celle de la première colonne. Ces nombres ne coïncident point avec ceux de la dernière colonne, mais cela devait être. Pour le sulfate, par exemple, de l'acide sulfurique a dû rester avec le phosphate.

Quoi qu'il en soit, ces expériences démontrent d'une manière évidente que le phosphate tricalcaire que l'on rencontre principalement dans le sol et dans les engrais est soluble dans les sels ammoniacaux, et que lorsqu'il a été dissous par un moyen quelconque, ces sels ne permettent plus à l'ammoniaque de le séparer complètement.

RÉSUMÉ.

Le bicarbonate d'ammoniaque, loin de s'opposer à la dissolution des phosphates calcaires et magnésiens, en facilite la dissolution;

il en est de même des autres sels ammoniacaux qui peuvent se rencontrer dans le sol arable ou dans les engrais.

Le phosphate de fer ne pénètre point directement dans les plantes; il est entièrement décomposé par le bicarbonate d'ammoniaque et par le bicarbonate de soude, qui le transforment en phosphate d'ammoniaque et en phosphate de soude, sels très solubles qui peuvent facilement être absorbés et utilisés par les plantes.

Ces phosphates sont d'ailleurs éminemment efficaces pour faciliter la végétation. Il y a quatorze ans que j'ai fait des expériences avec le phosphate de potasse et le phosphate de soude ajoutés à petite dose, expériences que j'ai renouvelées il y a cinq ans; elles m'ont toutes donné les plus heureux résultats.

Afin de ne laisser aucun doute sur la manière dont ces expériences ont été faites et sur les théories qui m'ont toujours guidé, je dois ajouter que dans quelques-unes rien ne manquait dans le sol où ces plantes étaient cultivées, et que les phosphates solubles n'étaient que des additions; tandis que, dans d'autres expériences, ils ont été employés dans des sols stériles comparativement avec d'autres produits.

On ne peut employer l'ammoniaque pour doser rigoureusement le phosphate tricalcaire par la précipitation; car non seulement elle donne naissance à un sel qui en dissout une partie, mais elle-même peut en dissoudre quoique en moindre quantité.

On ne peut douter qu'il existe une harmonie parfaite entre tous les phénomènes qui s'accomplissent dans le sol arable où sont préparés les aliments des végétaux, puisque ceux-ci y vivent et y prospèrent; mais il importe de les connaître, afin d'en faciliter l'accomplissement, ce qui doit être un des principaux buts que l'on se propose d'atteindre dans l'agriculture. C'est dans cette intention que ce travail a été entrepris. Il lève une des difficultés théoriques qui semblaient résulter de l'action dissolvante de l'acide carbonique pour les matières minérales et de l'antagonisme de l'ammoniaque qui, agissant comme base, semblait devoir s'opposer à cette dissolution; mais on sait maintenant qu'il n'en est rien, et que les sels ammoniacaux sont de vrais dissolvants des phosphates.

Ces observations permettent de penser que les matières minérales pénètrent dans les végétaux en même temps que les éléments qui doivent donner naissance aux produits organiques, et que la

formation de ces produits ne pourrait avoir lieu sans la présence de ces mêmes matières minérales.

Le travail qui précède a été communiqué au Comité des Sociétés savantes, siégeant à la Sorbonne, dans la séance du 9 avril 1863.

Il a donné lieu à plusieurs observations de la part de MM. Is. Pierre, Barral et Paul Thenard.

M. Is. Pierre a fait remarquer que le phosphate de fer était aussi décomposé par les sulfures, et qu'il se trouvait ainsi transformé en phosphate alcalin.

M. Barral a fait observer que la pratique agricole venait confirmer les observations de M. Baudrimont, que partout où les sels ammoniacaux ou les matières animales étaient réunis aux phosphates, ces derniers étaient absorbés en plus grande quantité par les plantes.

M. Baudrimont a répondu à M. Pierre que son observation était bien fondée comme phénomène chimique, qu'une transformation de l'ordre de celle qu'il a indiquée pouvait avoir lieu dans les fumiers qui contiennent des sulfures, mais qu'il n'en pouvait être de même dans un sol aéré où les sulfures alcalins ne peuvent exister.

Il a répondu à M. Barral qu'il le remerciait de l'appui qu'il voulait bien prêter à ses expériences, mais qu'il pensait que la pratique agricole avait besoin d'une explication et qu'elle se trouve dans le résultat des expériences qu'il a entreprises; qu'il y a longtemps que l'on sait que les engrais minéraux sont insuffisants; que cela résulte expressément des expériences faites en Angleterre, d'après les indications de l'ancienne théorie de M. Liebig; mais que l'explication de la non assimilation de ces substances, lorsqu'elles sont abandonnées à elles-mêmes, restait encore à expliquer, et que c'est ce qu'il a tenté de faire en démontrant que les sels ammoniacaux, et notamment le bicarbonate qui se trouve dans le sol arable, sont des dissolvants des phosphates, et en appliquant ce principe général qui l'a guidé depuis de longues années et qui a toujours été la base de son enseignement : que tout ce qui peut servir à la production organique doit autant que possible exister dans le sol arable, si l'on veut obtenir des récoltes rémunératrices.

NOTE

SUR LE

FLUORIDE DE CHLORE

PAR J.-P. PRAT

pharmacien

Dans le Mémoire que j'ai publié sur le *fluor et ses dérivés,* j'ai fait connaître quelques moyens pour obtenir le fluoride de chlore, soit à l'état gazeux et anhydre, soit en présence de l'eau. Les observations curieuses que j'ai faites plus tard, sur celui qui se produit dans ce dernier cas, me paraissant mériter d'être signalées, seront l'objet de cette Note.

Je ferai remarquer tout d'abord que le procédé le plus praticable pour la préparation de ce corps, au double point de vue de sa pureté et de l'économie, est celui qui consiste à verser peu à peu, et en agitant continuellement, de l'acide fluorhydrique étendu dans une dissolution d'acide hypo-chloreux, jusqu'à ce que la liqueur commence à peine à rougir le papier de tournesol; ajoutant alors une petite quantité d'acide hypo-chloreux laissée en réserve pour établir leur complète neutralité, on a :

$$FlH + ClO = HO + FlCl.$$

En effet, cette opération étant faite dans un vase de verre, on peut remarquer que l'acide fluorhydrique a complètement perdu la propriété de l'attaquer. Comme, d'une part, l'acide fluorhydrique peut contenir du fluorure de plomb en dissolution, et surtout de l'acide hydro-fluo-silicique, et que, d'autre part, l'acide hypo-

chloreux peut aussi contenir du bi-chlorure de mercure, il devient indispensable de purifier la liqueur jaune ainsi obtenue, en la distillant jusqu'à complète décoloration de celle restant dans la cornue. Le produit de la distillation est un liquide jaune, qui présente les phénomènes physiques suivants :

Exposé à la lumière diffuse et à la température de + 20°, dans un flacon bouché en verre et à demi rempli, ce liquide se décolore complètement dans une journée, puis il se colore de nouveau, mais en violet-rose, et dès ce moment il tend à se dépouiller entièrement de tout le fluoride de chlore qu'il contient, en se décolorant à mesure que ce corps, prenant la forme gazeuse, exerce dans l'intérieur du flacon une pression assez forte pour lancer au loin son bouchon. Il est à remarquer que si, avant que le gaz ne s'échappe ainsi, on vient à déboucher le flacon, la bouffée de gaz que l'on reçoit subitement sur les doigts tenant le bouchon fait éprouver un sentiment de chaleur.

Si le flacon contenant le liquide en question reste toujours ouvert, on peut constater quelques jours après la disparition totale du gaz.

Le gaz provenant de ce liquide et ayant passé à travers du chlorure de calcium est anhydre, d'une couleur sensiblement plus intense que celle du chlore, d'une odeur qui rappelle ce dernier corps, mais plus vivement irritante et excitant le larmoiement. Ce gaz, à la température ordinaire, attaque les métaux usuels, sauf l'or et le platine. Son principal caractère chimique réside dans la propriété qu'il possède d'attaquer rapidement l'argent, en donnant naissance à du fluorure soluble et à du chlorure insoluble. Je suis donc autorisé à penser que la formule *Fl Cl*, assignée à ce corps, est la véritable.

Les phénomènes remarquables qui suivent la préparation du fluoride de chlore provoquent plusieurs questions qu'une étude très sérieuse pourra seule résoudre. Jusqu'ici, je ne me suis guère occupé de ce corps qu'au point de vue de l'extraction du fluor, à laquelle il peut servir avantageusement, en raison de la facilité avec laquelle on peut l'obtenir anhydre et pur.

NOTE

SUR LE

FLUORURE DE PLATINE

PAR J.-P. PRAT

pharmacien

Quand on mélange du fluorure d'argent avec du chlorure de platine en dissolution, il s'opère entre ces deux sels une double décomposition, et on obtient un précipité jaune-orange formé par du chlorure d'argent et du fluorure de platine intimement mélangés. La séparation de ces deux corps peut être effectuée en profitant de la solubilité du fluorure de platine dans l'alcool pur, et dans ce cas il est très important de prendre les précautions suivantes : 1° la dissolution alcoolique doit être séparée par décantation et non par filtration au papier, parce que le fluorure de platine peut se détruire au contact des matières organiques; 2° retirer aussi promptement que possible ce sel de sa dissolution alcoolique, en soumettant celle-ci à l'évaporation dans le vide, pour empêcher l'action de l'alcool sur le sel.

Cette action cependant ne s'exerce que très lentement, puisque, dans une dissolution contenant 10 0/0 de sel, celui-ci n'a été complètement détruit que dans l'espace d'une vingtaine de jours. Le platine alors s'est trouvé réduit, et j'ai remarqué que l'alcool possédait une odeur analogue à celle de l'aldéhyde.

Le fluorure de platine ainsi obtenu, ressemble beaucoup au chlorure desséché; mais il se distingue de celui-ci tout d'abord, en ce qu'il n'est pas hygrométrique, attendu qu'il est presque totalement insoluble dans l'eau à la température ordinaire. Il est

sensiblement plus soluble dans l'eau bouillante, laquelle, par le refroidissement, en laisse déposer quelque peu sous la forme pulvérulente. Maintenu pendant longtemps à la température de 100°, il se dessèche complètement sans éprouver d'altération; et si dans cet état on vient à le chauffer à une température plus élevée, il abandonne une partie du fluor et se transforme en proto-fluorure d'une couleur brun-chocolat, et plus stable que le bi-fluorure, car il ne se détruit complètement qu'au rouge naissant, en dégageant aussi du fluor, et laissant un résidu de platine parfaitement réduit.

Si on prépare ce sel uniquement en vue de l'extraction du fluor, il est préférable, dans l'intérêt de la pureté du produit, de se borner simplement à laver à l'eau froide le précipité jaune-orange résultant de la double décomposition, et de le maintenir ensuite longtemps à la température de + 100°, afin de le dessécher d'une manière parfaite. Malgré qu'il contienne du chlorure d'argent, étant chauffé dans cet état, il abandonne tout le fluor qu'il contient, tandis que le platine réduit se trouve intimement mélangé au chlorure d'argent fondu.

Il importe de noter que ce sel est éminemment propre à l'extraction du fluor pur, pourvu qu'on se conforme rigoureusement aux indications générales que j'ai déjà données dans un Mémoire publié à ce sujet.

OBSERVATION D'EMPOISONNEMENT

PAR

L'INHALATION DE LA VAPEUR DU CYANURE HYDRIQUE

(ACIDE HYDROCYANIQUE)

PAR ÉDOUARD BAUDRIMONT

Depuis quelques jours, j'avais aidé mon père à faire des expériences sur des insectes avec des poisons organiques anesthésiques. Nous n'avions pas employé le cyanure hydrique, et le 8 mai 1863 je résolus d'en faire l'essai sur des hannetons. Pour cela, j'avais mis un de ces animaux dans un vase à large ouverture, où se trouvait plongée une baguette de verre, à l'extrémité de laquelle était une petite mèche de coton imbibée d'un seul côté d'une faible quantité de cyanure hydrique. Ce produit, préparé depuis quelque temps, avait abandonné un dépôt brun presque noir. De plus, je le savais très étendu d'eau; mais il était loin d'être inactif, ainsi qu'on va le voir. Il y avait quelques minutes que j'avais commencé l'expérience, j'étais assis devant une table où se trouvait le vase contenant le hanneton plongé dans la vapeur délétère, lorsque je sentis une odeur particulière, semblable à celle du cyanogène, jointe à celle du foin vert ou des feuilles que l'on vient d'écraser. Je me sentais la tête très lourde et ne pouvais la soutenir : il me semblait qu'un poids considérable me forçait à la courber. J'éprouvais en même temps une sensation étrange, comme si l'on m'en avait fortement pressé les deux côtés, surtout vers les deux tempes. Elle baissait toujours et il m'était impossible de la retenir. Pendant ce temps, mes oreilles bourdonnaient; j'entendais un bruit continu et confus, que je ne peux

mieux définir qu'en le comparant à celui que produit un essaim d'abeilles, ou de grosses mouches tournant autour de moi. La vue du flacon, des plumes et des autres objets qui se trouvaient sur la table, se dédoubla tout à coup : je voyais distinctement deux objets au lieu d'un. Puis, graduellement, ces objets devinrent indistincts. De larges cercles bleus et rouges tournaient devant mes yeux en se succédant rapidement; ils se touchaient, et avaient l'apparence de lemniscates mobiles et renfermées les unes dans les autres (la figure ci-dessous en donnera une idée plus précise). La partie



centrale était bleue, la bande suivante était rouge, et ainsi de suite alternativement. Le mouvement avait lieu dans la direction indiquée par les flèches. Leur vitesse devint plus grande et le bruit allait en augmentant, lorsque je me sentis violemment frappé au front; ma tête, qui baissait toujours, était venue frapper sur le bord de la table devant laquelle j'étais assis. Je me sentis alors comme réveillé en sursaut. La mémoire de ce qui s'était passé me revint. Je me levai péniblement. Mon premier soin fut d'ouvrir une fenêtre et de respirer les émanations d'un vase contenant de l'hypochlorite de chaux. Mon malaise se dissipa peu à peu; mais je gardai pendant le reste de la journée un violent mal de tête. Tout cela ne me paraît pas avoir duré plus de quatre ou cinq minutes.

On ne sera pas étonné d'apprendre que le hanneton avait cessé de vivre.

NOTE DE M. A. BAUDRIMONT.

Cette observation intéressante vient confirmer ce que j'ai publié dans mon *Traité de Chimie* (t. I, p. 651) : « On peut déduire des expériences » qui ont été faites, que c'est par la voie pulmonaire que le cyanure » hydrique agit avec le plus d'énergie. » Ceux qui se sont livrés à des études toxicologiques, ont pu remarquer que l'énergie de la plupart des poisons varie avec leur mode d'administration. Si le cyanure hydrique produit le plus grand effet lorsque sa vapeur est introduite dans les poumons, la strychnine et les autres poisons fournis par les strychnées sont beaucoup plus actifs lorsqu'ils sont injectés dans les veines, que lorsqu'ils sont introduits dans l'estomac; la matière cérébrale, qui est comestible et digestive, donne rapidement la mort à un animal lorsqu'elle est injectée dans son système veineux.

Je saisis cette occasion pour signaler un fait singulier qui se rattache à la vision. On sait combien elle est troublée, pervertie et hallucinée, par l'influence de certains poisons végétaux. Une personne qui m'est chère avait été empoisonnée par l'opium à haute dose, donné par une garde-malade qui voulait faire de la médecine à sa manière, à mon insu et malgré moi. Les accidents furent terribles : il y eut une longue suite d'accès qui allaient en se rapprochant, et qui ne me laissaient plus l'espoir de sauver la malade; mais, heureusement, la fréquence des accès diminua peu à peu, et elle fut sauvée. Au moment du paroxysme, la pupille était contractée, la malade ne pouvait plus articuler des mots complets; elle répétait des syllabes insignifiantes. Mais je devinais sa pensée, je la lui exposais, et elle me faisait signe que je l'avais comprise. D'où l'on peut conclure que son intelligence était encore à peu près intacte, mais qu'elle avait presque perdu la faculté de faire obéir les organes auxquels sa volonté commandait. A ce moment elle devint *hémiopique,* c'est à dire qu'au lieu de voir les objets doubles, comme dans l'empoisonnement par le cyanure hydrique, elle n'en voyait plus que la moitié. Bientôt la vision devint impossible. Cela est-il dû à l'ouverture de la pupille, qui était devenue presque imperceptible, ou à l'abolition de la sensibilité spéciale à laquelle est due la vision, comme on est porté à le penser par les accidents qui précédèrent la cécité? La sensibilité de l'ouïe était au contraire excessivement exaltée, et les moindres bruits étaient perçus avec une grande intensité.

La malade n'éprouva pas de somnolence. Il importe de dire que le

traitement auquel elle a été soumise a consisté principalement dans l'ingestion d'une quantité très considérable d'infusion de café et de thé.

Si la physiologie était plus avancée, n'y aurait-il pas dans ces faits quelques indications pour reconnaître les parties qui sont le plus spécialement affectées par tel ou tel autre poison?

J'ajouterai encore un mot qui intéresse la science. On croit généralement que l'empoisonnement par l'opium ne laisse pas de traces : c'est là une erreur, qui tient probablement à ce que personne n'est revenu d'un empoisonnement aussi grave que celui dont il est ici question. La malade en a été affectée pendant plus de six ans. Indépendamment d'une grande faiblesse permanente, elle sentait qu'elle perdait l'empire qu'elle avait sur elle-même et à chaque instant qu'elle allait s'évanouir. Il lui semblait qu'un espace vide avait remplacé tous les organes de la région épigastrique. D'où l'on peut conclure que ces organes étaient atteints d'une paralysie de la sensibilité.

MÉMOIRE

SUR LE

GANGLION ENCÉPHALIQUE

DU GRAND SYMPATHIQUE

PRÉSENTÉ A LA RÉUNION DES SOCIÉTÉS SAVANTES EN AVRIL 1863

PAR A. BAZIN

professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux

HISTORIQUE

§ I. — L'organe auquel nous proposons de donner le nom de *ganglion encéphalique du grand sympathique* est encore désigné, par un certain nombre d'anatomistes, sous celui de *glande pituitaire,* de *corps pituitaire,* d'*hypophyse cérébrale,* etc. Ces différentes épithètes prouvent deux choses : que l'on est à peu près d'accord pour ne plus considérer cet organe comme une glande, et que l'on est encore dans le doute sur sa nature et sur celle de ses fonctions.

Il y a plus de vingt ans que j'ai publié l'opinion que je professe encore aujourd'hui (1); et si les anatomistes qui, depuis cette époque, ont repris la question, l'eussent résolue de manière à lever tous les doutes, je me serais probablement laissé oublier; mais il n'en est pas ainsi. C'est donc un devoir pour moi d'appeler de nouveau l'attention des anatomistes sur la solution d'une question qui les préoccupe depuis longtemps, et de leur exposer le résultat de mes recherches.

(1) *Du Système nerveux de la vie animale et de la vie végétative*, etc.; par A. Bazin. — Paris, J.-B. Baillière. 1841. In-4°, avec pl.

On a reconnu, presque tout d'abord, que la structure de cet organe n'offrait rien de commun avec celle des glandes ordinaires. Les belles recherches de Malpighi firent entrevoir à plusieurs anatomistes une certaine analogie entre la structure de la couche corticale et celle de l'hypophyse.

Haller [1] dit que sa fonction doit être d'une assez grande importance, par cela seul qu'on le trouve dans tous les animaux vertébrés; et il termine ainsi : « Enfin, que doit-on penser de la » nature et de l'usage de cette glande? Il ne me paraît pas facile » de le dire. Si elle envoyait quelques petits filets nerveux à la » cinquième ou à la sixième paire, ou bien à l'une et à l'autre, » j'affirmerais qu'elle doit être considérée comme une appendice » du cerveau; qu'elle serait composée par conséquent de substance » corticale et de substance médullaire, et qu'elle produirait ses » propres nerfs; mais les recherches des anatomistes modernes sur » les nerfs n'ont constaté rien de semblable, ni mes propres recher- » ches non plus. »

Petit, de l'Académie des Sciences, paraît être le premier qui ait découvert et décrit des filets nerveux se rendant du plexus caverneux à la glande pituitaire.

Fontana, en 1792, dit avoir suivi deux filets nerveux du ganglion cervical supérieur qui pénètrent dans le crâne avec la carotide interne, concourent à la formation du plexus caverneux, et envoient des filets à la sixième paire et à la glande pituitaire. Je n'ai pu me procurer le Mémoire de Fontana.

Bock [2] a vu un des filets provenant du ganglion caverneux contourner la face interne de la carotide interne, s'unir au tronc de la troisième paire, et un autre filet accompagner une petite artère qui naît de la carotide et va se perdre dans l'hypophyse cérébrale.

Hirzel parle aussi de cette connexion, et se sert à peu près des expressions de Bock [3].

Arnold, dans un ouvrage où il s'était proposé d'étudier les

[1] *Halleri elementa physiol.*, t. IV, p. 59-60 et 62.

[2] *Beschreibung der funften Nervenpaares, und seiner Verbindungen mit anderen Nerven.* 1817. P. 66.

[3] *Untersnchungen über die Verbindungen der Sympatatischennerven mit Hirnnerven.* (*Tiedenram's zeitschrift für Physiologie.* 1825.)

connexions de la portion céphalique du grand sympathique ([1]), s'exprime ainsi :

« Parmi les filets qui accompagnent la carotide, il est vraisem-
» blable qu'une fois arrivés dans la cavité du crâne il en est
» quelques-uns qui se rendent avec plusieurs petites artères à
» l'infundibulum, pour s'unir à la partie supérieure de ce dernier.
» Parmi les anciens anatomistes, Petit a avancé qu'un filet du
» plexus caverneux se rend à la glande pituitaire. » Puis Arnold cite Bock, H. Cloquet et Hirzel, et continue en ces termes :

« Dans presque toutes mes recherches, les connexions du sys-
» tème nerveux végétatif avec la glande pituitaire, ont été une
» des choses que j'ai eues constamment en vue; mais je n'ai
» jamais pu trouver un véritable filet nerveux qui se rendît à la
» glande pituitaire elle-même ([2]). Cela peut dépendre de la manière
» dont j'ai cherché. Aussi ne me suis-je pas cru autorisé à nier
» l'existence d'une connexion entre le système nerveux végétatif et
» l'hypophyse cérébrale. J'ai cru quelquefois qu'un des filets nerveux
» qui enlacent la carotide interne envoyait des filets à l'infundibulum.

» Maintenant, en admettant l'existence d'une connexion de ce
» genre entre le système nerveux végétatif et l'hypophyse cérébrale,
» cette dernière appartiendra-t-elle au grand sympathique, appar-
» tiendra-t-elle au cerveau? La considérera-t-on, avec Carus,
» comme le ganglion terminal de ce dernier? Nous ne trancherons
» point cette question. La structure de cet organe nous paraît trop
» douteuse pour que nous hasardions une opinion sur sa signifi-
» cation. »

L'opinion d'Arnold est d'un tel poids en pareille matière, que j'ai dû hésiter longtemps avant d'affirmer ce dont il doute. Mais ce que je crois être vrai je dois le dire, au risque d'être plus tard convaincu d'erreur.

Depuis 1841, époque de la première publication de mes recherches, plusieurs anatomistes ont repris cette question, et, ce qui ne me surprend guère, n'ont pas eu connaissance de mon travail, ou n'ont pas voulu me faire l'honneur de le citer.

([1]) *Der Kopftheil der vegetativen Nervensystems.* 1831. P. 97.

([2]) *Nie aber konnte einen wahren Nervenfaden finden, der zum Hirnanhang seldst trat.*

Bourgery avait fait dessiner autour de la glande pituitaire un magnifique plexus nerveux que personne n'a vu ni ne verra (1).

MM. Hirschfeld et Léveillé, dans la magnifique Névrologie qu'ils ont publiée en 1853, s'expriment ainsi : « Enfin, plusieurs rameaux » (du plexus caverneux) se portent vers le corps pituitaire et sa tige : » les uns s'y perdent, les autres forment autour de cet organe » plusieurs anastomoses médianes avec les rameaux du côté opposé; » aussi plusieurs anatomistes modernes regardent-ils le corps pitui- » taire comme un ganglion céphalique du grand sympathique (2). »

Cette description est si inexacte qu'elle rappelle la figure de Bourgery. Le nombre des rameaux qui se rendent du plexus caverneux au corps pituitaire, ou de celui-ci au plexus, n'est pas indéterminé : ils ne forment point d'anastomoses médianes avec les rameaux du côté opposé. Quant aux anatomistes modernes qui regardent le corps pituitaire comme un ganglion céphalique du grand sympathique, je serais heureux de les connaître; cela me ferait croire que je ne me serais pas trompé, ou bien que l'opinion que j'ai émise a été partagée par d'autres anatomistes. — Carus, comme nous venons de le voir, considère l'hypophyse comme le ganglion terminal du cerveau. Cela revient, il est vrai, à soutenir que ce ganglion constitue une véritable connexion cérébrale entre le système nerveux central et le système nerveux de la vie végétative; ce qui est l'induction à laquelle nous avons été conduit. Quant au travail de Carus, nous ne le connaissons que par la citation d'Arnold.

Enfin, nous ne devons pas omettre une autorité de plus, et une autorité d'un grand poids, en faveur de l'opinion de ceux qui considèrent l'hypophyse comme un ganglion appartenant à la fois à l'encéphale et au grand sympathique : dans un Mémoire, « *sur* » *la part que prend le grand sympathique aux fonctions des* » *organes des sens,* » publié en 1825 dans le *Journal complémentaire du Dictionnaire des Sciences médicales,* Tiedmann s'exprime

(1) Voir le jugement porté par le Dr Rüdinger sur ce plexus, dans son Mémoire : *Uber die Verbreitung des sympathicus,* etc. Müuchen, 1863. In-8°, p. 56.

(2) *Névrologie ou Description et Monographie du système nerveux et des organes des sens;* par L. Hirschfeld et J.-R. Léveillé. In-8°. Paris, J.-B. Baillière. 1853. P. 216, pl. 73-74, n° 26.

ainsi, p. 113 : « Comme les mouvements de l'iris sont provoqués » par les nerfs ciliaires, la sympathie qui existe entre les deux » rétines des deux yeux ne peut non plus être entretenue que par » une liaison entre les nerfs ciliaires de ces deux organes. L'hypo- » physe est un corps qui établit une liaison entre les ramifications » du nerf grand sympathique des deux moitiés du corps et des » yeux. Il résultait déjà des recherches de Fontana, que des filets » du grand sympathique remontent le long de l'artère vertébrale et » vont se jeter dans la glande pituitaire. Bock, Cloquet et Hirzel » ont également trouvé des filets semblables, qui, tant du rameau » ascendant du grand sympathique, que du ganglion carotidien, » se rendaient à l'hypophyse. L'union du ganglion ophthalmique » ou des nerfs ciliaires avec le grand sympathique, dans le canal » carotidien, est également démontrée. En conséquence, l'hypo- » physe se montre évidemment l'intermédiaire ou le lien entre les » nerfs grands sympathiques des deux moitiés du corps, et, par » suite aussi, entre les nerfs ciliaires des deux yeux. C'est par la » glande pituitaire que les phénomènes sympathiques des deux » yeux paraissent être entretenus. Ce corps, par son tissu solide, » composé de fibres médullaires et d'une substance d'un gris » rougeâtre semblable à celle qu'on trouve dans les ganglions du » grand sympathique, a beaucoup d'analogie avec un ganglion de » ce nerf. »

On le voit, Tiedmann ne conserve aucun doute ni sur la nature ganglionnaire de l'hypophyse ni sur ses fonctions. Nous ferons remarquer toutefois que c'est par l'intermédiaire du rameau qui accompagne l'artère vertébrale qu'il établit la connexion qui existe entre le grand sympathique et le ganglion encéphalique; ce qui est une erreur.

GANGLION ENCÉPHALIQUE DANS L'HOMME ET LES MAMMIFÈRES.

§ II. — Tous les animaux vertébrés ont un *ganglion encéphalique*. Il est plus développé dans les ruminants que dans les autres mammifères, et plus développé dans les poissons que dans les autres vertébrés. Par sa tige creuse, nommée pour cela *infundi-*

bulum; par le tubercule cendré (tuber cinereum) et par l'aire criblée qui forme en grande partie le plancher du troisième ventricule, le ganglion encéphalique se continue directement dans l'homme, les mammifères, les oiseaux, et très probablement aussi dans les autres vertébrés, avec la substance ganglionnaire de l'encéphale et avec le reste du cerveau.

Le *ganglion encéphalique* est en grande partie composé de substance ganglionnaire. Dans les mammifères et les oiseaux, il présente inférieurement deux lobes placés l'un au-devant de l'autre; l'antérieur est le plus volumineux.

Pour découvrir les nerfs qui naissent du ganglion encéphalique, il faut enlever, en la disséquant, la dure-mère qui tapisse la fosse moyenne de la base du crâne; opérer l'ablation graduelle, ou couche par couche, des apophyses clinoïdes antérieures et postérieures; disséquer ensuite avec tout le soin possible, en procédant d'arrière en avant, la portion intracrânienne : 1° de la quatrième paire; 2° de la cinquième paire; 3° de la sixième paire; 4° de la troisième paire; 5° des filets, au nombre de deux, qui naissent du ganglion cervical supérieur, et qui entrent dans le crâne avec la carotide interne qu'ils accompagnent; et 6° le plexus caverneux.

Les nerfs qui naissent de la partie antérieure et latérale du ganglion encéphalique (n° 1) sont les plus volumineux; ils se réunissent pour se diviser ensuite dans le plexus caverneux (n°s 2-2 et PC). Du côté gauche, où le plexus caverneux a été disséqué avec soin, on aperçoit, sur la concavité de la carotide, un ganglion (GC), qui est en apparence, l'aboutissant du tronc nerveux formé par les filets qui naissent du ganglion céphalique; mais, en réalité, ce ganglion (GC) n'en conserve que peu de filets, comme le prouve le plexus carotidien du côté droit (3), où ce même ganglion et une partie du plexus caverneux ont été sacrifiés. Là on voit bien évidemment les nerfs provenant du ganglion encéphalique se continuer directement avec les filets nerveux (3′) qui vont se perdre dans le ganglion cervical supérieur.

Outre le ganglion GC dont je viens de parler et qui se voit mal à cause de l'ombre, on voit deux autres ganglions caverneux, GC′ et GC″ : le premier, assez volumineux, semble situé entre le plexus caverneux dont il reçoit de nombreux filets, et la troisième paire

à laquelle il est uni par plusieurs racines. L'une d'elles se rend en longeant la face interne du moteur oculaire commun, à un autre petit ganglion qui reçoit un assez gros filet du plexus caverneux, et qui en avant donne un filet à la 3e paire.

Outre ces connexions, on voit qu'il en existe une autre entre la 6e paire et le plexus des nerfs mous. Sur la face interne de la première branche de la 5e paire, au point où celle-ci se sépare du tronc du trifacial, on aperçoit un petit ganglion d'où sortent deux filets qui se rendent à la dure-mère.

Ni le nerf pétreux (N. P.), ni la 7e paire (7. P.), ni la 8e paire (8. P.), ni *les filets intermédiaires,* ne doivent fixer ici notre attention, pas plus que la 4e paire, que nous ne nommons que pour donner une explication complète de notre dessin.

L'infundibulum est creux dans presque toute sa longueur, et composé de fibrilles nerveuses et de substance ganglionnaire.

GANGLION ENCÉPHALIQUE DANS LES OISEAUX.

§ III. — Dans les oiseaux, comme dans les mammifères, le ganglion encéphalique est situé immédiatement en arrière de l'entre-croisement des nerfs optiques; mais la direction de l'infundibulum est presque horizontale et d'avant en arrière, au lieu d'être verticale comme dans les mammifères. Le point où ce pédicule s'insère au cerveau offre de chaque côté un renflement que l'on peut comparer aux éminences mammillaires.

Dans l'aigle, l'infundibulum a 2 millimètres de diamètre; on y aperçoit, de la manière la plus évidente, des faisceaux de fibres nerveuses, comme dans l'homme et les mammifères.

Le ganglion encéphalique des oiseaux est aussi composé de deux lobes placés l'un au-devant de l'autre; mais c'est le lobe postérieur qui est le plus volumineux.

Les faisceaux nerveux que l'on aperçoit dans le pédicule du ganglion, parvenus au lobe antérieur, pénètrent dans un tissu de nature ganglionnaire, d'où l'on voit sortir, à droite et à gauche, un tronc nerveux qui se rend sur la concavité de la courbe que la carotide interne forme en cet endroit. J'ai remarqué que les fibres

blanches que l'on voit dans l'infundibulum forment deux faisceaux latéraux, séparés ou isolés l'un de l'autre par de la substance grise très molle. Du bord interne de chacun de ces faisceaux blancs sort une petite bandelette de substance blanche, qui contourne la face antérieure et supérieure de la petite masse ganglionnaire qui fournit les *deux nerfs carotidiens antérieurs*. C'est ainsi que j'ai nommé les deux troncs nerveux que j'ai vu sortir de chaque côté du lobe antérieur. Cette bandelette se porte en haut, puis se courbe doucement en dedans, et forme une arcade avec celle du côté opposé. Cet aspect, en arcade, paraît commun à toute la substance nerveuse du ganglion encéphalique des oiseaux. Il faut en excepter toutefois une couche périphérique dont l'épaisseur égale environ le quart de celle du ganglion, où l'on n'aperçoit aucune structure fibreuse. Cette couche reçoit, comme le reste du ganglion, un assez grand nombre d'artérioles qu'une injection fine m'a permis de voir, et on voit la substance de cette couche périphérique se mêler à la substance blanche par de nombreux prolongements gris. C'est principalement de la couche externe que paraissent naître les filets qui se rendent, d'arrière en avant, dans le moteur oculaire commun, et ceux qui vont former au-dessous de ce même nerf un plexus de nerfs mous analogue au plexus caverneux. Les 4e, 5e et 6e paires reçoivent des filets provenant de ce plexus, ou directement du ganglion encéphalique lui-même.

Le lobe postérieur de ce ganglion fournit plusieurs filets qui forment, sur le confluent des carotides internes, un plexus d'où sortent des filets assez volumineux, qui ne quittent la carotide que pour aller se perdre dans le ganglion cervical supérieur.

L'autruche (struthio camelus) dont j'ai étudié le ganglion encéphalique, ne m'a pas présenté d'autres différences qu'une légère augmentation de volume.

REPTILES ET POISSONS.

§ IV. — Je n'ai pas étudié les connexions qui existent entre le ganglion encéphalique des reptiles et le système nerveux végétatif; mais dans les poissons, ce ganglion présente une grande analogie

avec celui des mammifères et des oiseaux; l'infundibulum y naît aussi, immédiatement en arrière de l'entre-croisement des nerfs optiques. Dans un Fegaro ou Maigre (sciœna aquila), de plus d'un mètre de longueur, l'infundibulum avait de 5 à 6 millimètres de long sur 2 à 3 de large, et l'on y distinguait facilement une structure nervoso-fibreuse. Le ganglion encéphalique était bilobé, et, comme dans les oiseaux, c'était le lobe postérieur qui était le plus volumineux. Deux faisceaux nerveux naissaient de chaque côté de ce ganglion et se rendaient à des vaisseaux.

J'ai constaté la même chose, ou des dispositions analogues, dans le *Loup (Perca Labrax)*.

ANALYSE MICROSCOPIQUE DU GANGLION ENCÉPHALIQUE.

§ V. — Le ganglion encéphalique est composé de cellules elliptiques pédiculées et assez régulièrement groupées; elles contiennent de un à trois nucléoles. La fig. 2 donne une idée assez exacte de leur forme et de leur disposition, qui les font ressembler à la couche rougeâtre ou rouillée de la substance corticale ou ganglionnaire du cerveau.

Il ne peut donc rester de doute à personne sur la nature de l'hypophyse cérébrale : 1° par sa structure, c'est un ganglion; 2° il fournit des nerfs comme un ganglion. Les conditions exigées par Haller pour en faire un prolongement du cerveau sont donc remplies.

INDUCTIONS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES.

§ VI. — Nous n'admettons pas l'unité de composition, qui, selon nous, est une vue tout à fait erronée; mais bien l'unité de plan, qui s'accorde très bien avec une grande variété dans l'exécution.

Ainsi, tous les animaux vertébrés laissent facilement apercevoir cette unité de plan; elle est vraiment frappante. Mais si, trop amoureux de l'unité, on veut arriver jusqu'à l'unité de composition, les analogies font défaut, et l'on est malgré soi conduit à l'erreur.

L'axe cérébro-spinal des vertébrés est bien évidemment le produit d'un plan unique; mais combien est rapide la dégradation quand on compare l'encéphale de l'homme à celui des *insectivores* et des *rongeurs,* et à plus forte raison à celui des autres classes de vertébrés! Les hémisphères cérébraux perdent leurs circonvolutions dans les insectivores, les édentés, les rongeurs, et Owen a constaté l'union du corps calleux avec la voûte dans plusieurs marsupiaux. Dans les oiseaux, le cerveau, dit Cuvier, n'a que des hémisphères très minces, qui ne sont pas réunis par un corps calleux. C'est principalement des tubercules analogues aux cannelés que dépend le volume de ce qui a été considéré comme leurs hémisphères cérébraux.

Si déjà, dans les oiseaux, le cerveau est rudimentaire, on peut affirmer qu'il en existe à peine trace dans les poissons. Il nous paraît probable que c'est parce que l'on n'a pas assez tenu compte de cette dégradation que l'on a été conduit à des analogies nécessairement fausses dans l'étude comparée des centres nerveux des trois dernières classes de vertébrés.

Du moment où les hémisphères cérébraux manquent, il ne reste à comparer, sous le double rapport de leur forme et de leur développement, que les parties suivantes, qui se trouvent presque, sans exception, dans tous les vertébrés :

1° Les corps striés ou cannelés;
2° Les lobes olfactifs;
3° Les lobes optiques;
4° Les tubercules jumeaux;
5° Le cervelet;
6° Le *mésencéphale* ou moelle allongée;
7° Le ganglion encéphalique.

Quant à ce dernier ganglion, nous ne pouvons nous empêcher de lui trouver une analogie avec le ganglion cérébroïde des *diplonervés,* et surtout des articulés. De ce ganglion naissent deux faisceaux nerveux qui s'accolent ou semblent se confondre dans un ganglion sous-œsophagien, et se prolongent ensuite, d'avant en arrière, suivant la ligne médiane de la face inférieure ou abdominale, en traversant un certain nombre de ganglions, d'où naissent les nerfs qui portent l'excitabilité, la sensibilité dans toutes les parties de l'animal. Que l'on change, en les rapprochant sur la

ligne médiane, la situation des deux moitiés du grand sympathique d'un vertébré, et qu'au lieu d'être placées au-dessus des viscères ou des organes de la vie végétative on les suppose placées au-dessous, comme dans les annelés, on sera conduit par l'analogie à admettre qu'il existe dans les vertébrés supérieurs deux systèmes nerveux : un pour la vie animale ou de relation, et un autre pour la vie instinctive et végétative; ou bien encore, que le système nerveux de la vie instinctive et réflexe de l'articulé est l'analogue du système nerveux viscéral du vertébré supérieur.

Au point de vue physiologique ou de la théorie d'un grand nombre de phénomènes attribués, avec raison, à l'influence du moral sur le physique et réciproquement, la connexion directe, immédiate de l'organe de l'âme, de l'intelligence, de la volonté libre et de l'organe des phénomènes purement végétatifs, comme la digestion, la circulation, la sécrétion et l'excrétion, la respiration, etc., nous expliquera très probablement beaucoup de choses restées jusqu'à ce jour sans explication satisfaisante.

Que les préoccupations, les agitations de l'âme, les passions, en un mot, troublent les fonctions de la vie végétative, cela n'est un mystère pour personne; qu'une émotion un peu vive fasse rougir ou pâlir, cause quelquefois des palpitations, etc., on le sait; que la vue d'un objet qui nous inspire de l'horreur, de l'effroi, de la terreur, nous couvre le corps d'une sueur froide ou cause une subite défaillance, on le sait. Mais, il faut en convenir, rien de tout cela ne s'explique, surtout quand on ignore que le cerveau, l'organe de l'âme, est en connexion, en rapport direct, avec l'organe central de tous les phénomènes de la vie instinctive et végétative.

La connaissance de cette connexion rendra-t-elle plus facile l'explication des phénomènes que nous venons d'énumérer? C'est incontestable. C'est quelque chose de savoir que l'homme est, même au point de vue anatomique et physiologique, bien réellement double. On peut s'expliquer alors que le trouble soit causé par un excès ou défaut d'activité d'une des deux moitiés, et dans ce cas on comprend mieux ce que l'on a à faire.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

FIG. 1.

1 Ganglion encéphalique.
2 Nerfs fournis par le ganglion encéphalique.
3 Plexus carotidien.
3′ Nerfs provenant de ce plexus et se rendant au ganglion cervical supérieur.
3 P. Troisième paire.
4 P. Quatrième paire.
5 P. Cinquième paire.
6 P. Sixième paire.
7 P. Septième paire.
8 P. Huitième paire.
CI Carotide interne.
GC Ganglion caverneux.
GC′ Ganglion intermédiaire entre le plexus caverneux, PC, et la troisième paire 3. P.
GC″ Autre ganglion caverneux.
PC Plexus caverneux.

FIG. 2.

Tissu du ganglion encéphalique vu avec un grossissement de 250 diamètres.

Fig. 1.

2 1 2
CC"
3
PC
GC'
CI
3 P
5 P
3'
6 P
4 P
7 P
8 P
GC

Fig. 2



LA GORGE-BLEUE

OBSERVATIONS FAITES SUR CET OISEAU

DANS LE DÉPARTEMENT DE LA GIRONDE

PAR M. F.-P.-E. SAINTMARTIN

« Elle ne chante que pour un petit cercle d'intimes. »
TOUSSENEL.

Je n'ai trouvé dans aucun livre d'histoire naturelle les observations que j'ai faites sur ce charmant oiseau de l'ordre des insectivores et de la tribu des becs-fins (Temmink), et qui a été parfaitement décrit. Ni Buffon ni ceux qui l'ont suivi n'en font mention, et la raison en est, je crois, qu'il n'a été observé qu'à l'époque du passage ou en captivité, et non en pleine liberté là où il niche. Cette espèce de fauvette est des plus rares, des plus disséminées, et se tient à l'époque des amours plus éloignée des habitations. Chaque couple alors, quelle que soit même l'abondance de la nourriture, est plus espacé. Telle est sans doute la cause d'un injuste oubli à son égard.

Je n'ai pas la prétention d'être le premier qui ait remarqué l'aptitude singulière qu'a cet oiseau à imiter; mais je suis le premier peut-être qui en fasse part.

Les habitants de la campagne en particulier savent très bien distinguer le chant de tel et tel oiseau, connaissent beaucoup mieux que bien des naturalistes ses mœurs, ses habitudes, je dirai jusqu'à ses heures; mais ces remarques ne restent que des remarques, qu'ils se transmettent entre eux, sans entrer dans le domaine de la science et dans celui si intéressant de l'histoire des animaux. Nous sommes étonnés parfois des récits pleins de merveilles et de nouveautés que nous lisons dans l'exposé de voyages faits à grands

frais dans de lointains pays et avec mille fatigues auxquelles on ne songe pas, sans penser que nous avons autour de nous tout autant de merveilles que nous n'observons pas ou que nous ne pouvons étudier. Cela est si vrai, que, dans la contrée même où j'ai pris plusieurs gorge-bleues, on me demandait si ce n'était pas des oiseaux des colonies.

Il est des personnes auxquelles j'ai fait cette remarque, et qui depuis m'ont avoué avoir pris un plaisir extrême à étudier les oiseaux, par exemple, en plein air, à la campagne, et avoir découvert (le mot est juste) une foule de sujets à leur étonnement, à leur admiration, et être revenues de préjugés vraiment funestes pour l'agriculture, même pour l'hygiène : préjugés que la science combat et sur lesquels elle remportera, il faut l'espérer, une victoire méritée. Je pourrais ici m'étendre et essayer de montrer quelle intime liaison existe entre tous les êtres de la création, liaison qui constitue une harmonie admirable, et que l'homme serait le premier à chercher à rétablir, s'il lui prenait fantaisie de la troubler sous le prétexte que certains de ces êtres lui sont plus nuisibles qu'ils ne peuvent lui paraître utiles. Qui ne sait l'histoire des moineaux et de Frédéric surnommé *le Grand?* Mais ce n'est pas là l'objet de cette étude.

La gorge-bleue niche dans le département de la Gironde. Je l'ai observée sur les bords du bassin d'Arcachon. Elle y arrive au commencement d'avril en même temps que le rossignol. Cet oiseau doit être mis au nombre des oiseaux de passage, bien qu'on m'ait assuré qu'on en voyait quelques couples pendant tout l'hiver. Son départ a lieu au mois de septembre. J'en ai rencontré à cette époque sur le bord des ruisseaux et dans les oseraies qui bordent la Garonne, par petits groupes de cinq à huit individus volant ensemble, ce dont j'ai été surpris.

La gorge-bleue, que je proposerais d'appeler la *gorge-bleue ou rossignol imitateur,* est un oiseau exceptionnel. Bien des oiseaux exotiques n'ont pas l'éclat des couleurs qui le décorent : gorge d'un bleu d'azur ou d'un beau bleu de France, mais clair, relevé tantôt par un triple collier noir, blanc et marron, tantôt noir et marron; collier tombant sur la poitrine et servant à encadrer le bleu, écusson blanc d'argent, brillant, placé au milieu de la gorge, tranchant sur le bleu et relevé de chaque côté par quelques plumes

noires. C'est sans doute cet écusson, qui paraît grand quelquefois comme une pièce de cinquante centimes, qui a valu à cet oiseau le nom d'*oiseau miroir,* par lequel on le désigne dans quelques contrées. Queue bicolore, couleurs bien tranchées et sans aucune dégradation, d'un roux vif et d'un noir fuligineux très prononcé, ce noir situé à l'extrémité. De plus, la gorge-bleue tient presque toujours sa queue relevée en éventail, ce qui lui donne une grâce et une tenue délicieuses.

Temminck ne mentionne pas une observation qui m'a paru importante et qui n'a pas échappé à Bechstein : c'est que le mâle a les pattes d'un noir de suie très sombre, tandis que la femelle les a d'une teinte beaucoup plus claire et translucides. Bechstein dit couleur de chair : ce n'est pas parfaitement exact. J'ai pris une femelle ayant un cordon de plumes bleues d'une teinte fort claire, et dans la même disposition que celles qui sont d'une couleur marron ou orange chez le mâle. Temminck dit : « Les très vieilles femelles ont quelquefois la gorge d'un bleu très clair. »

Ce n'est pas seulement cette élégante et riche parure qui contribue à fixer l'attention du naturaliste sur la gorge-bleue, c'est son chant, ce sont ses mœurs peu connues ou peu détaillées; c'est aussi sa familiarité, comparable à celle du rouge-gorge.

Ce n'est pas dans l'état de captivité, entre les étroits barreaux et dans l'espace si exigu d'une cage que l'on peut juger une créature, étudier un oiseau. La captivité comme la domestication changent et transforment les animaux, et leur font perdre cette finesse, cette agilité, cette grâce qu'ils doivent à la liberté et à l'air pour lesquels ils sont faits.

Que n'a-t-on pas dit du moqueur? Que n'a-t-on pas écrit du rossignol, sans citer ici Buffon, ou l'Américain Audubon dont son pays a le droit d'être fier sans doute, mais qui ne faisait que suivre la route ouverte avant lui par une Française enthousiaste de la nature, Sybille de Mérian, et qui a été depuis et est aujourd'hui si brillamment parcourue par les naturalistes français et anglais?

La gorge-bleue tient du moqueur, ce gentilhomme des êtres ailés; elle tient aussi du rossignol. Le moqueur embellit, dit-on, ses imitations, les orne, les développe : la gorge-bleue répète servilement, mais finement; je dirais : presque avec ironie. Elle a l'appel du rossignol, parfois ce ton aigre et désagréable qui le trahit. Son

chant est moins éclatant et moins prolongé que celui de ce coryphée du printemps; mais il est tout aussi agréable, et toutes les personnes qui ont entendu la gorge-bleue en pleine liberté et auxquelles j'en ai parlé, m'ont dit le préférer.

C'est la nuit ou de grand matin qu'il faut entendre cet oiseau étrange; on ne peut se défendre d'un sentiment de surprise mêlée d'admiration. Il hennit comme un cheval, bêle comme un mouton, miaule comme un chat, glousse comme la poule. Ainsi qu'une fermière, il appelle les petits... *petit... petit... petit...* On jurerait entendre le canard ou l'oie sauvages. Il imite à la perfection tous les oiseaux du marais. Il trompe le douanier, qui, croyant entendre dans la nuit le sifflet de ses chefs, quitte la cabane qui l'abrite pour se diriger vers eux. Amère déception! c'est l'oiseau qui l'a induit en erreur, et il vit cependant à ses côtés et de ses restes presque continuellement. Si vous vous trouviez égaré dans les contrées qu'il fréquente au printemps, vous pourriez vous croire aux approches d'un village et entendre le matinal forgeron, frappant dans le lointain sur une enclume résonnante. Ce sont encore des perles tombant dans un bassin de cristal, une à une ou par poignées, avec une finesse, une pureté, une richesse de sons, détachés ou multiples, lents ou précipités, qui vous saisissent d'admiration...; puis, c'est la lime rongeant l'acier, comme si elle était tenue par une main ferme, habile, délicate et vigoureuse : il y a finesse et force, délicatesse et ampleur.

Outre ce talent de fine imitation, la gorge-bleue a son chant, chant suivi, plein, sans saccades, sans entrecoupures. Elle entonne le dythyrambe de l'amour sur un mode bas, plaintif et doux; la voix augmente peu à peu. Ces oiseaux chantent-ils à deux? forment-ils des chœurs? Non... Elle est seule et vraï prodige; au même instant elle s'accompagne : c'est une basse continue, se mêlant, et allant du *parvolo* au *crescendo,* avec une note claire, élevée, fine, qui domine dans une juste mesure et fait le chant. L'oiseau quitte la terre : il s'élève droit vers le ciel, toujours chantant; puis, arrivé à une certaine hauteur de la verticale qu'il a suivie, il forme des cercles gracieux, qu'il rétrécit successivement jusqu'au point laissé de la verticale, et il se laisse alors tomber, comme une petite masse, dans la touffe d'où il est parti et d'où il va encore s'élever.

Ce chant délicieux, ce vol caressant, au-dessus du nid où couve

la femelle qui le suit et écoute; ces couleurs éclatantes dans un rayon de soleil, par un belle matinée de printemps, l'oiseau ne les montre dans toute leur beauté qu'à l'époque des amours; son talent d'imitation, que caché pour ainsi dire; ou il repose sous les touffes inclinées des tamariniers bordant la mer, ou on l'aperçoit perché à l'extrémité tremblante d'un rameau qui dépasse, et c'est la nuit et le grand matin qu'il emploie de préférence à cet art.

Si ce chant est fait pour charmer et donner la vie aux solitudes où on l'entend se mêler à celui de la bergeronnette printanière, si jolie et si familière aussi, aux accents plaintifs et prolongés du rossignol, un peu éloignés mais venant mourir à l'oreille; aux douces modulations du rossignol de muraille, qu'on aperçoit perché à la cime aiguë d'un pin élevé, l'observateur venu pour étudier la gorge-bleue éprouve aussi le plus grand plaisir à suivre ses mouvements, à considérer ses repos ou ses allures. Généralement, elle s'éloigne de son nid beaucoup plus que le rossignol. Les couples sont assez distants les uns des autres : de 300 à 500 mètres, et plus.

Je m'étais attaché surtout à une gorge-bleue qui ne s'éloignait guère à plus de vingt pas d'une touffe de tamariniers. Elle avait ses sentiers tout tracés pour aller chercher ses insectes, ses touffes d'herbes où elle allait se poser, ses petites élévations où elle s'arrêtait de préférence et semblait se mettre en observation. Tantôt elle venait se poser ou courir sur la chaussée où je me promenais et m'arrêtais à la regarder, la suivant, l'épiant, sans qu'elle parût craindre mon approche ou redouter ma présence. Tantôt je la voyais bondir plutôt que voler sur l'insecte qu'elle avait aperçu de loin, puis revenir suivant toujours la même route et les mêmes détours, et s'enfoncer brusquement dans les souches des tamariniers. Rien de plus amusant que de la voir prendre un insecte : elle fait entendre un *tac tac* particulier; sa queue se dresse et s'étale en éventail comme pressée par un ressort; ses ailes sont pendantes. Elle reste un moment immobile à regarder, puis repart. Si cependant elle s'aperçoit de votre obstination pour elle, elle n'en mettra pas moins à chercher à vous dérouter; car l'instinct lui révèle sans doute que c'est à son nid que vous en voulez. Alors elle vous promènera de touffe en touffe, vous ramènera au point où vous l'avez prise, tournera, fuira, reviendra encore, s'enfoncera quelquefois sous les rives pour vous

donner le change, parcourra de longs espaces, sautant de branche en branche, de motte en motte, et fera enfin ce manége des heures entières, gardant continuellement dans le bec le même insecte que vous lui aurez vu prendre. Feignez de ne pas la suivre, cachez-vous, demeurez immobile : au bout de peu de temps elle revient près du nid, reprend ses sentiers, passe à vous toucher peut-être, s'arrête, regarde, grogne, s'enfonce et revient.

La pluie même ne l'effraie pas; elle ne cherche pas de refuge : elle semble plutôt trouver son plaisir à la recevoir, ne se pressant ni plus ni moins, s'arrêtant quelquefois, se secouant et regardant en l'air.

On croirait parfois entendre plusieurs oiseaux se disputer et se battre : écartez doucement le rideau de verdure qui vous cache, et vous verrez que c'est le seul mâle de la gorge-bleue qui, avec ses voix différentes, fait tout ce tapage, et est le plus tranquillement du monde perché sur une petite élévation.

La gorge-bleue construit son nid dans les souches de la rive, sur les endroits élevés et garnis d'herbes du marais, dans les prairies qui le bordent, près des fossés ou des cours d'eaux; elle le cache avec soin. J'en ai découvert un, à force de chercher, dans une touffe d'herbes qui ne présentait pas le moindre accès, le plus petit désordre. M. Chenu (*Encyclopédie d'histoire naturelle,* Oiseaux, IV[e] Partie, p. 55), dit : « Qu'on trouve plus communément son nid sur les saules, les osiers, et autres arbustes qui bordent les lieux humides, et qu'il est construit d'herbes *entrelacées à l'origine des branches et des rameaux.* » Je n'ai jamais pu vérifier la chose, et j'ai peine à y croire, parce que cela indiquerait une certaine élévation, et une structure du nid beaucoup plus solide et même différente de tous ceux que j'ai pu observer. J'ai toujours trouvé les nids par terre, retenus par les herbes au milieu desquelles ils avaient été façonnés, bien qu'il y eût des arbustes très touffus tout à côté; et dans la cavité des souches des tamariniers.

Ce nid est fait de brins d'herbes sèches, entrelacées avec un certain art, mais d'une manière très lâche. Il faut de grandes précautions pour le prendre sans le briser; il a la forme ovale et est assez profond. Quelquefois il est fait avec des brindilles, et alors sa structure est assez remarquable, car elles sont arrangées de façon que le côté le plus pointu pénètre le tissu du nid, et le

côté opposé, trop gros, ressort sur deux lignes parallèles. Le corps du nid présente alors des losanges très apparents; mais il est très fragile.

La gorge-bleue a de nombreux ennemis à éviter : les fortes marées d'abord, qui doivent noyer beaucoup de nids; le chat sauvage, ou considéré comme tel, et qui est très commun dans la contrée où j'ai observé cet oiseau; la pie cosmopolite; les poissons même, qui, la guêtant lorsqu'elle passe au-dessus de l'eau en la rasant de son aile, s'élancent pour la saisir, et réussissent quelquefois; l'homme enfin, le douanier, qu'elle trompe parfois dans les nuits obscures, et qui se venge en faisant noyer tous les nids qu'il trouve, ou en lui tendant des piéges.

Je ne veux pas terminer sans dire que si cet oiseau a tout ce qui convient pour se faire remarquer et admirer, il est aussi très utile. Comme tous les becs-fins, se nourrissant d'insectes, il en détruit une immense quantité. Très friand, surtout des insectes aquatiques, au nombre desquels se trouve le cousin, dont une femelle seule pond jusqu'à trois cents œufs; et d'autres diptères aussi désagréables, il nous épargne ainsi la piqûre d'une foule de ces parasites importuns, qui ne semblent sortir de l'eau ou de la boue que pour nous faire une guerre acharnée.

Bordeaux, ce 10 mai 1863.

RÉSUMÉ D'UN MÉMOIRE

intitulé :

« DES ACCIDENTS FÉBRILES A FORME INTERMITTENTE ET DES PHLEGMASIES A SIÉGE SPÉCIAL QUI SUIVENT LES OPÉRATIONS PRATIQUÉES SUR LE CANAL DE L'URÈTHRE ; »

lu à la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux,

DANS LA SÉANCE DU 19 DÉCEMBRE 1861,

PAR LE Dr EDMOND MARX

MEMBRE TITULAIRE (1).

Lorsque j'ai dû, pour répondre au désir bienveillant que la Société m'a exprimé, résumer un travail qui sort un peu du cadre ordinaire des études dont elle s'occupe, une double crainte est venue m'assaillir : D'une part, je redoutais d'abuser de votre attention en entrant dans des détails pour ainsi dire techniques et intéressant seulement des médecins; de l'autre, je ne pouvais omettre complètement les détails, sous peine de n'être pas compris. Je m'efforcerai d'éviter ce double écueil en m'étendant plus particulièrement sur les parties de mon sujet, qui, bien qu'entrant encore dans le domaine de la médecine, sont de nature à vous intéresser davantage, telles, par exemple, que la partie physiologique et expérimentale, réservant à la pathologie pure le moins de place possible.

Quand on pratique une opération sur le canal de l'urèthre, on a à redouter, outre les accidents qui peuvent compliquer toute manœuvre chirurgicale, une série d'accidents spéciaux qui se

(1) Ce Mémoire a obtenu de la Société de Chirurgie de Paris, au concours du prix Duval pour 1863, une mention honorable, la seule qui ait été décernée.

présentent sous deux aspects différents : ce sont tantôt des accès de fièvre à type intermittent dont souvent aucune lésion appréciable ne peut expliquer la production ; d'autres fois, des collections purulentes qui existent, soit dans les muscles, soit dans les articulations, soit dans les grandes séreuses viscérales. L'étude de ces deux ordres d'accidents fait le sujet de mon Mémoire.

Longtemps on a ignoré le lien qui reliait les accidents que je viens d'indiquer à des opérations antérieures sur l'urèthre. On les regardait comme des complications fâcheuses, mais sans rapport avec les troubles dont les voies urinaires étaient le siége. Ce sont les chirurgiens modernes, et, je dois le dire, surtout les chirurgiens français, les Velpeau, les Civiale, les Philips, qui ont fait entrer la question dans la seule voie où il sera possible d'arriver à une solution satisfaisante.

Et d'abord, quelle est la physionomie de ces accidents? Pour le premier ordre, les accidents fébriles, il me sera assez facile de les caractériser. Il n'est certainement personne d'entre vous, Messieurs, habitants de Bordeaux, où les fièvres de marais arrivent des landes en si grand nombre, qui ne connaisse, au moins par ouï dire, la manière dont ces fièvres se comportent. A une période de froid intense plus appréciable pour le malade que pour le médecin, qui souvent cherche en vain, à l'aide du thermomètre, à constater ce refroidissement, succède une période de chaleur accompagnée d'un notable abattement et d'une accélération sensible de la circulation ; puis surviennent des sueurs abondantes, et à part un léger malaise, le malade revient dans son état normal jusqu'au prochain accès. Tel est, à grands traits, le tableau d'un accès paludéen ordinaire. Tel est aussi, d'une manière générale, et pour fixer les idées, l'ensemble de symptômes qui caractérise l'accès de fièvre uréthrale dans son degré le plus inoffensif. Mais il s'en faut que cet accident présente toujours la même bénignité. L'étude des faits montre que depuis le cas simple que je viens de décrire jusqu'à celui où le malade meurt en quelques heures, et comme foudroyé, sans que le médecin puisse rien pour conjurer le mal, on observe tous les degrés intermédiaires. De là, la nécessité d'établir des divisions. J'ai proposé, à cet égard, une classification nouvelle et qui m'a paru plus utile dans la pratique que celles qui l'avaient précédée.

Je distingue les accès en *simples ou bénins* dans lesquels le rôle du médecin se réduit à une sage expectation, et en *graves ou pernicieux* dans lesquels son intervention doit toujours être active et immédiate. Cette seconde classe comprend trois sous-divisions : les accès *pernicieux ordinaires* qui ne sont presque jamais au dessus des ressources de l'art ; les accès *foudroyants*, où la mort arrive fatalement et quoi que fasse le médecin ; les accès *compliqués*, où il existe, outre l'accès, une affection d'un des points de l'appareil urinaire, cas graves, difficiles à traiter, et dont on ne vient trop rarement à bout qu'en étudiant avec soin la part proportionnelle qu'a dans la maladie chacun des deux éléments qui la constituent.

Je ne vous forcerai pas à me suivre, Messieurs, dans la description très détaillée que j'ai faite dans mon travail des diverses classes d'accès fébriles, et encore moins dans le détail des faits cliniques en grand nombre à l'aide desquels j'ai pu établir les physionomies diverses, ou, pour mieux parler en médecin, les *formes* que revêtent les accès. Ce serait mettre à une trop rude épreuve la patience de ceux d'entre vous qui n'ont pas, je ne sais si je dois dire le bonheur ou le malheur, d'être disciples d'Esculape. Mais je ne puis pas, après avoir indiqué rapidement le tableau des accès fébriles, ne pas dire comment on les distinguera d'autres maladies auxquelles ils peuvent ressembler.

Et d'abord, puisque la fièvre uréthrale ressemble tant à la fièvre paludéenne, comment les distinguera-t-on l'une de l'autre?

La circonstance d'une opération récemment pratiquée sur l'urèthre est le fait capital qui servira à faire cette distinction. En seconde ligne, l'heure de l'apparition de l'accès, toujours subordonnée ici à celle de l'opération, la réapparition moins régulière des accès, leur retour en général quotidien, sont autant de faits qu'on ne retrouve que rarement dans les accès paludéens et qui mettront facilement sur la voie du diagnostic. Maintenant, comment reconnaître à quelle classe d'accès fébrile on a affaire? Sans entrer dans les détails qu'on pourra trouver dans mon Mémoire, je peux dire d'une manière générale que plus l'évolution d'un accès sera régulière, plus il se rapprochera de la forme bénigne. L'observation des faits montre qu'un accès composé de trois stades se succédant régulièrement, est toujours un accès simple. Si le

frisson se prolonge au delà d'une ou deux heures avec une intensité insolite, on a affaire à un cas pernicieux. Si alors, sous l'influence des moyens employés par le médecin, une réaction plus ou moins franche succède à ce long frisson, on est en présence d'un accès *pernicieux ordinaire* généralement curable; si au contraire le froid persiste, on voit le malade mourir fatalement, emporté par un accès *foudroyant*.

Quant aux *accès compliqués,* ils se composent, nous l'avons déjà dit, de deux termes : l'accès et la maladie locale. C'est surtout à l'aide des signes propres à cette dernière, qu'on connaîtra qu'on a un double ennemi à combattre.

Je n'ai pas besoin, Messieurs, d'insister sur la gravité de ces accès de fièvre; elle ressort assez de ce fait qu'il leur a trop souvent suffi de quelques heures pour amener la mort.

De quels moyens le médecin dispose-t-il contre d'aussi graves accidents? et puisqu'en toutes choses, et en médecine surtout, il vaut mieux prévenir que guérir, ne pourrait-on pas arriver à empêcher leur production?

La question valait la peine d'être examinée, et on a en effet proposé comme préventifs des accès, des moyens internes et des moyens externes. Dans les premiers, nous trouvons l'opium, l'aconit, le sulfate de quinine. Ce dernier seul a paru avoir quelque avantage entre les mains de Ricord. M. Civiale rejette les moyens internes, et partant de ce principe que la gravité de l'accès est en raison directe de la douleur causée par l'opération qui le produit, il propose d'habituer peu à peu le canal de l'urèthre, par une série de cathétérismes doux et ménagés, à l'opération définitive. Malheureusement son principe, qui paraît très rationnel, est loin d'être pratiquement vrai, et ce sont souvent les cathétérismes les plus simples qui provoquent les accès le plus promptement mortels. En résumé, nous avons peu de moyens de prévenir les accès; en avons-nous du moins pour les guérir? Un seul remède, remède héroïque, quoiqu'on ignore encore la manière dont il agit, le sulfate de quinine, a pu donner de nombreuses guérisons; d'autres fois, je vous l'ai dit, il est resté impuissant. C'est à ce sel qu'on devra avoir recours dans tous les cas; mais dans la classe d'accès que j'ai appelés *accès compliqués,* on ne devra le manier qu'avec la plus grande prudence et alors que le

danger sera imminent, en présence de ce fait aujourd'hui acquis à la science que, tout en guérissant les accès, il a sur la maladie qui les complique une influence désastreuse.

J'arrive maintenant à la seconde partie de mon sujet. Ici la scène change. A la suite d'un, quelquefois de plusieurs accès de fièvre, d'autres fois, mais rarement, sans qu'il y ait eu d'accès, on voit se produire très rapidement, dans certaines parties du corps, des collections purulentes. La fièvre, d'intermittente qu'elle était, devient continue, et on se trouve avoir à compter, non seulement avec un état général grave, mais encore avec de redoutables accidents locaux. Ces collections purulentes ne se produisent pas indistinctement dans toutes les parties du corps; elles ont spécialement leur siége dans les muscles, les articulations et les grandes séreuses viscérales. Cette dernière localisation n'avait pas été indiquée avant les recherches que j'ai entreprises sur le sujet. J'ai trouvé et indiqué plusieurs faits dans lesquels des collections purulentes s'étaient produites dans la plèvre, le péritoine, sous l'influence évidente d'opérations pratiquées sur l'urèthre.

Ici, à la différence de ce qui se passait dans les cas d'accès fébriles, l'état local doit être pris en très sérieuse considération. S'il y a en effet de la fièvre, non plus intermittente mais continue, et le plus souvent avec abattement, délire, angoisse considérable, il y a aussi, dans une ou plusieurs masses musculaires, dans une ou plusieurs articulations, des collections purulentes survenues en général avec une rapidité qu'on ne rencontre pas dans les phlegmasies franches. Si on évacue ce pus, il est mal lié, mélangé à une grande quantité de sérosité, et exhale une odeur urineuse.

Le plus souvent, les symptômes généraux augmentent d'intensité, l'adynamie se prononce de plus en plus, et le malade meurt dans le marasme et l'épuisement. Dans les cas rares où la guérison a été obtenue, les symptômes s'amendent peu à peu, mais toujours très lentement, et le malade revient à la santé.

Pas plus que dans les accidents purement fébriles, l'état du canal de l'urèthre ne donne le pourquoi de ces terribles accidents. La nécropsie montre qu'il est sain ou atteint d'altérations insignifiantes.

La circonstance d'une opération antérieurement pratiquée sur le canal de l'urèthre, la rapidité et la nature de la suppuration,

sont autant de circonstances qui ne permettront pas de confondre les phlegmasies qui nous occupent avec les affections auxquelles elles pourraient plus ou moins ressembler, telles que rhumatisme, phlegmon diffus, arthrite blennorrhagique, épanchement simple dans le péritoine ou dans la plèvre.

Après les accès foudroyants, les phlegmasies tiennent le premier rang dans l'ordre de gravité; gravité facile à comprendre, puisque le danger dérive en même temps et de l'état local et de l'état général. De toutes les phlegmasies, celles des grandes séreuses sont certainement les plus graves.

Le traitement local qui a paru le mieux réussir dans les phlegmasies musculaires consiste dans des incisions multiples faites dès le début, avant même que la fluctuation soit sensible; on prévient ainsi la formation de l'abcès et l'épuisement qui résulterait pour le malade d'une longue suppuration.

Dans les phlegmasies articulaires, après les vésicatoires qui ne sont utiles qu'au début et dans les cas les plus rares, à cause de la formation rapide du pus, il ne reste qu'un moyen, moyen héroïque, la ponction. Elle a été faite deux fois avec succès par M. Velpeau et par M. Denucé de Bordeaux. Néanmoins, on ne saurait s'en dissimuler l'extrême gravité. Il en est de même pour les phlegmasies des séreuses : ici, l'expérience est encore à faire.

L'association du quinquina et de l'aconit a paru dans quelques cas un utile auxiliaire du traitement local que nous venons d'indiquer.

J'ai terminé, Messieurs, ce qui se rapporte à l'histoire particulière des accidents phlegmasiques et des accidents fébriles; il me reste à vous dire quelques mots des causes de leur production et de leur nature intime. L'étude de ce dernier point sera surtout de nature à vous intéresser, parce qu'il a donné lieu de ma part à des expériences nouvelles faites sur les animaux, et pour lesquelles notre collègue M. Oré avait bien voulu me prêter le concours de son habileté et de son expérience.

D'abord, quelle est la cause productrice des accidents dont je viens de vous esquisser l'histoire?

L'étude des faits rend la réponse facile. C'est une opération sur le canal de l'urèthre qui amène ces accidents, et c'est la seule cir-

constance étiologique qu'on puisse toujours constater. L'âge, le tempérament, les habitudes n'ont pas d'influence appréciable, pas plus, il est vrai, que la nature de l'opération pratiquée. En effet, le cathétérisme le plus simple peut donner lieu aux accidents les plus graves, alors que les opérations les plus sanglantes en sont exemptes. Quant à la liaison qui unit ces deux termes de la question : opération, accident fébrile ou phlegmasique, elle échappe complètement, et on en est réduit à invoquer une prédisposition tirée des conditions du sujet, et qui, dans certains faits que nous avons cités, peut seule donner la clef du mystère. — Il nous reste à nous demander quelle est la nature intime des accidents fébriles et inflammatoires, et c'est là certainement la partie la plus difficile de notre sujet.

Deux ordres d'opinions ont été émises. — Les premières avaient cours alors qu'on ne considérait que les accidents fébriles, ignorant le lien qui les unissait aux accidents phlegmasiques. Alors c'était, pour les uns, un trouble de la calorification; pour d'autres, une défaillance nerveuse ou une impression produite par l'opération sur le grand sympathique. Bien entendu que ces diverses opinions ont dû céder le pas à d'autres depuis qu'on a envisagé la question sous son véritable jour.

La théorie de la *phlébite,* qui avait pu rencontrer au début quelques partisans, a été depuis reconnue fausse et incapable de donner l'explication de la plupart des faits observés. Aujourd'hui on s'accorde généralement à attribuer les accidents à l'introduction dans le sang de certains principes de l'urine.

Mais cette introduction peut se faire de deux manières : ou bien l'urine, une fois sécrétée, est introduite en nature dans le sang; ou bien la sécrétion de l'urine se fait mal, et le sang reste chargé de certains matériaux que le rein est devenu incapable d'éliminer.

Chacune de ces opinions compte de nombreux partisans, et c'est pour chercher à découvrir laquelle était la vraie, que nous avons institué sur les animaux les expériences dont nous parlerons bientôt.

M. Claude Bernard avait déjà remarqué que, quand on irrite le rein ou que la sécrétion urinaire se suspend chez les animaux, le sang de la veine rénale devient noir, de rouge qu'il était auparavant. Mais il y avait à tenter des expériences plus directes. Si, en

effet, c'était l'introduction dans le sang de l'urine toute formée qui produisait les accidents, on devait pouvoir, en reproduisant artificiellement cette introduction, reproduire aussi les accidents dont elle est la cause. C'est pour vérifier ce fait que M. Oré et moi avons institué les expériences suivantes :

Première expérience. — Après avoir, chez un chien de forte taille, mis à découvert la prostate, nous injectons dans une veine de moyenne grosseur située sur le lobe gauche de cette glande, et à l'aide d'une petite seringue à injections sous-cutanées, une seringue pleine d'urine d'homme nouvellement rendue; nous recousons la peau à l'aide d'une suture, et laissons le chien en liberté dans l'amphithéâtre.

Deuxième expérience. — Chien de forte taille. — Injection de la même manière que dans la première expérience, de deux seringues d'urine rendue huit jours avant, et en pleine décomposition.

Troisième expérience. — De crainte que les vaisseaux de la prostate ne soient trop minces et que leurs parois ne soient brisées lors de la pénétration du liquide, nous modifions le procédé et injectons dans une grosse veine située à la face inférieure de la verge, deux seringues de l'urine employée dans la précédente expérience.

Quatrième expérience. — Mettant à découvert la même veine que chez le troisième chien, nous injectons quatre seringues d'urine rendue la veille.

Chez les quatre chiens opérés, les phénomènes consécutifs à l'opération sont les mêmes. L'animal est triste, n'aboie pas, reste à la même place, ne se mouvant que quand on l'y oblige et très lentement, refuse toute nourriture. Ceci dure douze à quinze heures, puis tout rentre dans l'état normal. Quant à des phénomènes assimilables aux accès fébriles, quant à des collections purulentes, pas plus l'observation directe que la constatation nécroscopique, ne permettent d'en constater. Donc, de l'urine a pu être injectée dans le sang des animaux soumis à notre expérience, sans produire d'accidents analogues à ceux que nous avons étudiés.

Ces résultats négatifs, joints à ceux des expériences de Claude Bernard, ont dû nous faire pencher vers la seconde opinion qui admet une sécrétion pervertie comme cause des accidents. Or,

pour que la sécrétion urinaire soit pervertie, il faut qu'il y ait dans le rein une altération. Cette altération a été trouvée dans plusieurs des cas que j'ai cités, véritables néphrites qui arrêtent la sécrétion urinaire. Dans les cas où le rein était sain, des auteurs recommandables, MM. Philips, Mercier, Félix Bron, ont admis la production d'un état nerveux dû à l'opération et qui arrête la sécrétion urinaire. Nous nous rangeons à cette opinion et nous sommes portés à croire que c'est toujours une altération du rein, organique ou fonctionnelle, qui produit les accidents fébriles et inflammatoires.

Quoi qu'il en soit, la question est loin d'être vidée. Elle vient d'être, ces jours derniers, portée de nouveau par M. Sédillot devant l'Académie des Sciences, sans que des communications auxquelles elle a donné lieu aient jailli des lumières nouvelles. Elle reste donc encore à l'étude et constitue un des plus intéressants problèmes de physiologie pathologique qu'il soit donné aux médecins d'étudier et de résoudre, s'il est possible.

ÉTUDES HISTORIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

SUR LA

TRANSFUSION DU SANG

PAR LE D[r] ORÉ

professeur de physiologie à l'École de Médecine de Bordeaux, chirurgien adjoint
de l'hôpital Saint-André de la même ville.

INTRODUCTION.

Chargé depuis neuf ans du cours de physiologie à l'École de médecine de Bordeaux, j'ai fait tous mes efforts pour asseoir mon enseignement sur l'expérimentation; cela m'a permis de publier, à diverses époques, des travaux sur les fonctions de la veine-porte et sur le rôle que jouent la moelle épinière et le bulbe rachidien dans les phénomènes si intéressants de la sensibilité et de la motilité.

L'accueil favorable fait à ces recherches, notamment par l'Académie des Sciences de Paris, et le désir exprimé par M. Larrey dans le sein de la Société de Chirurgie, auquel j'ai eu à cœur de de répondre, m'encouragent à faire paraître un premier Mémoire sur la transfusion du sang. Je serais assez récompensé des efforts que ces études m'ont coûté, si je pouvais contribuer à remettre en honneur une opération qui, après avoir joui d'une faveur en quelque sorte exceptionnelle, est aujourd'hui presque tombée dans l'*oubli*.

PREMIER MÉMOIRE.

La transfusion est une opération qui consiste à faire passer le sang des vaisseaux d'un animal dans ceux d'un autre. Préconisée vers le commencement de la deuxième moitié du XVIIe siècle, elle fut accueillie par beaucoup avec un véritable enthousiasme. Les médecins, les poètes, les philosophes, la considérèrent comme un moyen infaillible de triompher facilement des maladies, de donner la force à ceux qui en manquaient, de lutter contre les outrages du temps; elle devait, en un mot, amener la régénération complète de l'humanité. Mais si la transfusion eut le privilége de compter de chaleureux partisans, elle eut aussi, dès son apparition, de violents antagonistes, et subit ainsi le sort réservé à toutes les grandes choses; il suffit, pour s'en convaincre, de jeter un coup d'œil sur les écrits du temps. On lit, en effet, dans le *Dictionnaire des Sciences de Neufchâtel,* vol. XXVI, p. 517 : « On se battit d'abord avec des raisons aussi frivoles de part et d'autre, et si l'on s'en fût tenu là, cette dispute ne fût point sortie de l'enceinte obscure des écoles; mais bientôt on ensanglanta la scène: le sang coula, non point, il est vrai, celui des combattants, mais celui des animaux et des hommes qui furent soumis à cette opération. »

« Les expériences devaient naturellement décider cette question devenue importante, mais on ne fut pas plus avancé après les avoir faites. Chacun en dissimula, suivant son opinion, les résultats. Tandis que, suivant les uns, le malade qui avait subi l'opération était guéri de la folie et se montrait en divers lieux, les autres assuraient que ce même malade était mort entre les mains des opérateurs, et avait été enterré secrètement. Enfin, les esprits, aigris par la dispute, finirent par s'injurier réciproquement. Le verbeux La Martinière, adversaire des transfuseurs, écrivait aux ministres, à des médecins, à des magistrats, à des prêtres, à des dames, à tout l'univers, que la transfusion était une opération barbare, sortie de la boutique de Satan; que ceux qui l'exerçaient

étaient des bourreaux qui méritaient d'être envoyés parmi les cannibales, les topinambous, les parabons, etc.; que Denis, entre autres, surpassait en excellence tous ceux qu'il avait connus : il lui reprochait d'avoir fait jouer les marionnettes à la foire. D'un autre côté, Denis, à la tête des transfuseurs, appelait *jaloux, envieux, faquins,* ceux qui pensaient autrement que lui, et traitait La Martinière de misérable arracheur de dents et d'opérateur du Pont-Neuf.

» La cour et la ville prirent bientôt parti dans cette querelle; et cette question, devenue la nouvelle du jour, fut agitée dans les cercles avec autant de feu, aussi peu de bon sens et moins de connaissance, que dans les écoles de l'art et les cabinets des savants. La dispute commença à tomber vers la fin de l'année 1668, à la suite d'une sentence rendue au Châtelet, qui défendit, sous peine de prison, de faire la transfusion sur aucun corps humain, que la proposition n'ait été reçue et approuvée par la Faculté de Médecine de Paris. »

Près de deux siècles se sont écoulés depuis la sentence du Châtelet. Tour à tour abandonnée et reprise, la transfusion du sang n'a pas fait fortune, et le jugement si sévère porté contre elle en 1668 serait encore accepté aujourd'hui; et cependant des faits importants publiés dans les recueils scientifiques et médicaux se sont multipliés! Étudiés avec attention, mais surtout avec un esprit dégagé de prévention, soumis à une critique rigoureuse, ces faits auraient dû, ce semble, faire remettre en honneur cette opération, et fournir ainsi à la thérapeutique une arme puissante dans les cas désespérés; il n'en a rien été, et, de nos jours, la transfusion ne compte guère de partisans dans le monde médical. Sans multiplier les citations, il suffira, pour le prouver, de rappeler les opinions énoncées, dans leurs écrits, par les hommes qui occupent avec juste raison une position chirurgicale considérable.

Dans leurs *Traités de Médecine opératoire,* MM. Velpeau et Sédillot ne font aucune mention de la transfusion du sang.

M. Chassaignac, dans son ouvrage intitulé : *Traité clinique et pratique des opérations chirurgicales,* s'exprime ainsi :

« Sans blâmer d'une manière absolue les tentatives qui ont été faites au point de vue de la transfusion, *nous pensons qu'on*

devra toujours hésiter à pratiquer une opération qui n'a presque aucune chance de succès. » (T. I, p. 408. Paris, 1861.)

M. Alphonse Guérin est plus opposé encore : « *Jusqu'ici,* dit-il, *la transfusion doit être regardée comme une opération beaucoup plus dangereuse qu'utile.* » (*Éléments de Chir. opératoire.* Paris, 1858, p. 83, 2e édition.)

M. le professeur Malgaigne consacre à la transfusion du sang une page de son *Traité de Médecine opératoire;* mais il se contente d'indiquer, sans le juger, le procédé généralement adopté pour la pratiquer.

La transfusion n'a donc pas encore acquis droit de cité dans la science, tant l'opinion *qu'elle n'offre aucune chance de succès* est généralement adoptée, même par les esprits les plus élevés. Or, rechercher si cette opinion est fondée, si elle repose sur un examen approfondi des faits connus, telle est la tâche que je me suis imposée dans ce premier Mémoire. Pour cela, j'ai réuni tous les éléments épars dans les auteurs ; je les rapporterai sans les altérer, ni dans le fond, ni dans la forme, afin de mettre à même ceux qui me liront de juger la valeur des conclusions que je dois formuler.

Je diviserai ce premier Mémoire en trois parties :

Dans la première, je ferai l'histoire physiologique de la transfusion.

Dans la seconde, se trouveront toutes les opérations de transfusion pratiquées sur la femme et sur l'homme.

Enfin, dans la troisième, je ferai connaître le résultat de mes expériences sur l'introduction de l'air dans les veines, et résoudrai ainsi la première objection que l'on peut faire à la transfusion du sang.

PREMIÈRE PARTIE.

HISTOIRE PHYSIOLOGIQUE DE LA TRANSFUSION DU SANG

L'histoire physiologique de la transfusion du sang se divise en trois périodes :

La première s'étend de l'année 1665 à 1668; la deuxième, de 1668 à 1818; la troisième, de 1818 jusqu'à nos jours.

Une question préliminaire s'élève. Est-ce en l'année 1666 que l'idée de la transfusion du sang surgit pour la première fois?

Première période.

Sans entrer dans de longs détails sur ce point, il est facile d'établir que la possibilité de la transfusion avait été admise par les anciens. On en trouve la preuve :

1° Dans l'*Histoire des anciens Égyptiens,* où l'on voit que ces peuples la pratiquaient pour la guérison de leurs princes.

2° Dans le *Livre de la Sagesse* de Tanaquila, femme de Tarquin l'Ancien, où il est dit qu'elle a mis en usage la transfusion.

3° Le *Traité d'anatomie* d'Hérophile, où il en est parlé assez clairement.

4° Un Recueil d'un ancien écrivain juif, qui fut montré à La Martinière par Ben-Israël Manassé, rabbin des juifs d'Amsterdam, et où se trouvaient les paroles suivantes : « Naam, prince de l'armée de Ben-Adad, roi de Syrie, atteint de lèpre, eut recours à des médecins *qui, pour le guérir, ôtèrent du sang de ses veines et en remirent d'autre.* »

5° Le *Livre sacré des prêtres d'Apollon,* où il est fait mention de cette opération.

6° Les *Recherches des Eubages.*

7° Les *Ouvrages de Pline, de Celse* et de plusieurs autres, qui la condamnent.

8° Les *Métamorphoses d'Ovide.* Médée, feignant de céder aux

filles de Pellias qui lui demandaient de rendre à leur père sa jeunesse et sa vigueur, s'exprime ainsi :

Stringite, ait gladios; veteremque haurite cruorem,
Ut repleam vacuas juvenili sanguine venas!
(*Métamorphoses*, liv. VII.)

9° Le *Traité des Sacrifices de l'empereur Julien,* de Libavius, où l'auteur parle de la transfusion, comme ayant été le témoin oculaire d'une opération de ce genre.

10° Enfin, Marcil Ficin, l'abbé Trithème, Aquapendente, Harviée et Fra Paola, l'avaient eux-mêmes expérimentée.

(Toutes ces indications se trouvent dans une lettre de La Martinière à M. de Colbert.)

Dans un ouvrage sur l'origine de la transfusion, ayant pour titre : *Relatione de l'experiense faite in Engleterra, Francia, etc.*, l'auteur cite un texte de Libavius où la transfusion est parfaitement décrite dès l'année 1615. Voici le passage :

« Adsit juvenis robustus, sanus sanguine spirituoso plenus; adstet exhaustus viribus, tenuis, maculentus, vix animam trahens; magister artis habeat tubulos inter se congruentes, aperiat arteriam robusti, et tubulum inserat, muniat; mox et ægroti arteriam findat et tubulum fœmineum infigat. Jam duos tubulos sibi mutuo applicet, et ex sano sanguis arterialis, calens et spirituosus salicet in ægrotum, unaque vitæ fontem afferet, omnem que Languorem Pellet. » (Libavius, *Appendix necessaria syntagmatis ascanorum chymicorum,* ch. IV, p. 7. An. 1615.)

L'auteur ajoute que Libavius ne propose cette opération que pour s'en moquer; car, sur la demande de ce qu'il faut faire pour empêcher que celui qui a fourni le sang ne tombe en faiblesse, il dit qu'il faut plutôt songer à ce qu'on fera pour couvrir le médecin qui aura conseillé cette opération, et que, pour lui, il est d'avis qu'on donne de bon bouillon à celui qui aura fourni le sang pour la transfusion, et de l'hellébore au médecin qui l'aura ordonnée. « Sed quommodo, dit-il, ille robustus non languescet; danda ei sont bona confortantia, et ubique medico vero helleborum. » (*Journal des Savants,* du lundi 2 juillet 1668, p. 37.)

Toutes ces citations prouvent que les anciens avaient entrevu la possibilité de la transfusion; peut-être même cette opération avait-

elle été pratiquée; mais à part le texte de Libavius, qui semble indiquer un procédé pour la faire, on ne rencontre dans les auteurs qui l'ont précédé, que des indications vagues, incertaines, le plus souvent nulles. C'est seulement en l'année 1666 que l'on trouve la première description sérieuse de la méthode employée par les chirurgiens pour exécuter cette opération.

La transfusion avait donc été entrevue par les anciens; mais ce n'est qu'au début de la seconde moitié du XVIIe siècle qu'elle commence à prendre rang parmi les opérations régulières de la chirurgie.

Ce que j'ai déjà dit sur les querelles auxquelles elle donna lieu, expliquera les prétentions des Anglais, des Français et des Allemands à la priorité.

Les chirurgiens français de cette époque, tout en accordant aux Anglais l'honneur d'avoir les premiers expérimenté sur les animaux, soutiennent qu'en France, et avant les expériences de Richard Lower qui furent faites en 1666, *était née la première idée de la transfusion.* « Ainsi, dit Denys, dans une lettre à M. de Montmor, on sait, et il y a plusieurs personnes d'honneur qui le peuvent témoigner, qu'il y a plus de dix ans que dom Robert des Gabets, religieux bénédictin, fit un discours sur la transfusion dans l'assemblée qui se tenait chez M. de Montmor, et il s'en trouve encore plusieurs copies; il est vrai que la plupart se moquèrent pour lors de cette proposition, et qu'on crut qu'elle était impossible. Les Anglais, voyant qu'on ne faisait en France aucun état de cette invention, s'en sont voulu emparer comme d'une chose abandonnée, et l'ont pratiquée sur les bêtes; mais nous l'avons enfin réclamée, et nous avons trouvé moyen de rentrer en possession de ce qui nous appartenait, en la pratiquant les premiers sur l'homme. » (*Journal des Savants,* du lundi 28 juin 1667, p. 96.)

On trouve une réponse à ce qui précède dans un passage emprunté à l'*Histoire des transactions philosophiques,* où il est dit :

« Nous accordons volontiers, en Angleterre, que les Français ont été les premiers, autant que nous le sachions, qui ont fait faire ce grand pas à la transfusion, *de la pratiquer sur l'homme;* mais il faut aussi qu'ils apprennent une vérité, c'est que les philo-

sophes, en Angleterre, auraient fait depuis longtemps cette expérience sur des hommes, s'ils n'étaient point aussi circonspects quand il s'agit de mettre au hasard la vie de l'homme, pour la conservation et le rétablissement de laquelle ils n'épargnent cependant ni soins ni peines, et s'ils n'avaient été retenus par la crainte d'une loi qui est plus précise et plus rigoureuse, dans des cas semblables, que les lois de plusieurs autres nations. » (*Abrégé des transactions philosophiques de la Société royale de Londres,* 6e partie, 1790, p. 369.)

Les Anglais et les Français ne furent pas les seuls qui prirent part à cette lutte sur la question de priorité. Un Allemand, Jean Daniel, major, soutint qu'il était l'inventeur de la transfusion. Bien que ses écrits n'aient paru qu'en 1667, s'ils ont été faits par lui et s'ils sont exacts, il est incontestable qu'il a le premier pratiqué la transfusion sur l'homme. On y lit : qu'il fit tirer à un homme très débile trois ou quatre onces de sang par la veine du bras; qu'il délia ensuite la ligature et la réappliqua au dessous de la plaie, afin que le sang de la personne saine pénétrât, sans se mêler, avec celui que contenait la partie inférieure du vaisseau; alors, il piqua la veine de l'individu bien portant, et couvrit la plaie, de peur que l'air ne décomposât le sang. A cet effet, il se servit d'un vase semblable à une ventouse, et duquel ce fluide pouvait s'écouler; il avait soin auparavant d'y répandre du sel ammoniac, afin de prévenir la coagulation du sang. (Sprengel, *Histoire de la Médecine,* t. IV, p. 122.)

Il est difficile, d'après ce qui précède, d'assigner auxquels des chirurgiens français, anglais, allemands, appartiennent d'une manière absolue, dans cette question, les droits les plus incontestables à la priorité; mais ce qui est bien certain, c'est que Richard Lower *a, le premier, fait connaître un procédé complet pour opérer la transfusion,* dans une lettre adressée à Robert Boyle, et qu'il chargeait de la communiquer à la Société royale de Londres. Avant lui, Christophe Wren avait déjà proposé l'expérience de l'infusion des médicaments dans les veines. Peu de temps après la découverte de l'infusion, des membres de la Société y ajoutèrent celle de la transfusion. On résolut de la tenter, en séance publique du mois de mai 1665; mais l'opération eut peu de succès, par le défaut d'un appareil commode et d'un procédé bien dirigé. C'est

alors que Richard Lower fit connaître le procédé suivant, qu'il a, le premier, mis en pratique à Oxford.

Extrait du journal d'Angleterre contenant la manière de faire passer le sang d'un animal dans un autre. Voici comment s'exprime Richard Lower en s'adressant à Robert Boyle :

« Premièrement, il faut prendre l'artère carotide d'un chien ou de quelque animal que ce soit dont vous voulez faire passer le sang dans le corps d'un autre, et l'ayant séparée du nerf de la huitième conjugaison, la tenir découverte d'environ un pouce; ensuite faire, en sa partie supérieure, une forte ligature qui ne se puisse dénouer, et un pouce au dessous, à scavoir vers le cœur, faites-y encore une autre ligature qui se puisse serrer ou lâcher suivant qu'il sera besoin. Ces deux nœuds estant faits, passez deux fils par dessous l'artère entre les deux ligatures; puis ouvrez l'artère, et mettez dedans un petit tuyau de plume, et liez avec les deux fils l'artère bien serrée par dessus ce tuyau, que vous boucherez avec un petit bouchon. Après cela, découvrez de la longueur d'un pouce et demi la veine jugulaire de l'autre animal, et faites un nœud coulant à chaque extrémité, et entre ces deux nœuds coulants passez par dessus la veine deux fils, comme dans l'artère; puis faites une incision dans la veine, et y fourrez deux tuyaux, l'un dans sa partie inférieure pour recevoir le sang de l'autre animal et le porter au cœur, et l'autre tuyau dans la partie supérieure, qui vient de la teste, par lequel le sang du second chien puisse couler dans des plats. Ces deux tuyaux estant mis de la sorte et estant bien liez, tenez-les bouchés avec un bouchon jusqu'à ce qu'il soit temps de les ouvrir.

» Tout estant ainsi préparé, liez les chiens l'un vers l'autre sur le costé, en sorte qu'on puisse faire passer d'autres tuyaux dans les deux premiers; car, comme on ne peut pas approcher le col des chiens assez près l'un de l'autre, il faut mettre deux ou trois divers tuyaux dans les deux premiers pour porter le sang de l'un à l'autre. Après cela, débouchez le tuyau qui descend dans la veine jugulaire du premier chien, et l'autre tuyau qui sort de l'artère de l'autre chien; et par le moyen de deux ou trois autres tuyaux, suivant qu'il en sera besoin, joignez-les l'un à l'autre, puis lâchez le nœud coulant, et aussitost le sang passera avec impétuosité au travers des tuyaux comme au travers d'une artère, et en même

temps que le sang coule dans le chien, débouchez l'autre tuyau qui vient de la partie supérieure de la veine jugulaire (ayant auparavant fait une autre ligature autour de son col, ou du moins pressant avec les doigts l'autre veine jugulaire), et laissez en même temps couler le sang dans les plats (non pas continuellement, mais selon que vous jugerez que ses forces pourront le permettre) jusqu'à ce que l'autre chien commence à crier, à s'affaiblir, à tomber dans les convulsions, et à la fin meure sur ce côté.

» Alors tirez les deux tuyaux de la veine jugulaire du chien, et ayant serré entièrement le nœud coulant, coupez la veine au dessus (ce qui peut se faire sans qu'il arrive aucun mal au chien, parce qu'une de ses veines jugulaires est suffisante pour conduire tout le sang de la teste et des parties supérieures, à cause d'une large anastomose par laquelle les deux veines s'unissent vers le larynx). Cela estant fait, recousez la peau, et laissez aller le chien, qui sautera hors de la table, et se secouera et s'enfuira comme si on ne lui avait rien fait. » (*Journal des Savants* du lundi 31 janvier 1667, p. 21.)

La même année, Denys, professeur de philosophie et de mathématiques, écrivit à M*** une lettre, dans laquelle il raconte quelques expériences qu'il a faites sur des animaux.

« Le jeudi 3 mars, dit-il, on nous apporta, à M. Emmeretz, notre chirurgien, et à moi, deux petits chiens qui n'avaient jamais été nourris ensemble, et qui, à leur figure, semblaient aussi différents que le sont certains animaux de différentes espèces, l'un estant une chienne épagneule et l'autre un chien à poils courts ressemblant à un renard. La chienne estait pleine et un peu plus grosse et plus haute que le chien, car elle avait douze pouces de haut et le chien n'en avait que dix.

» Nous nous proposâmes de faire, non seulement ce qui estait marqué dans la lettre de Lower (Richard), *qui est de faire passer le sang d'un animal dans un autre, en faisant mourir celui qui le communique pour conserver l'autre qui le reçoit,* mais nous voulûmes les conserver tous deux, et, pour cela, nous résolûmes d'ouvrir l'artère crurale de la chienne, nous persuadant qu'en tirant le sang par l'artère qui le porte de la cuisse aux extrémités, les convulsions ne seraient pas tant à craindre pour la chienne qu'en le tirant par la carotide qui le porte par le col

dans le cerveau; outre que l'artère crurale n'estant pas si déliée ni si enfoncée que la carotide, nous ne serions pas obligés de nous servir de tuyaux si déliés, qui sont sujets à s'engorger lorsque le sang y passe, et la chienne n'en souffrant pas tant, il serait plus facile de la faire réchapper.

» En effet, la chose arriva en présence de plusieurs personnes dignes de foy, comme nous l'avions prévuë, et d'une manière assez simple et facile. »

Denys insiste sur la manière dont les tuyaux furent placés dans l'artère crurale et la veine jugulaire. Le procédé est semblable en ce point à celui de Richard Lower; il put ainsi faire passer le sang de l'artère dans la veine, en même temps que par cette dernière s'écoulait, à l'aide d'un troisième tuyau, du sang qui était recueilli dans un plat.

« Quand nous eûmes tiré par ce troisième tuyau neuf onces de sang de chien dans un plat, continue Denys (qui est beaucoup pour un animal de cette grosseur), la chienne qui lui en avait donné autant, et qui n'en avait par conséquent plus guère de reste, commençait à s'affaiblir; c'est pourquoi nous arrêtâmes aussitôt son artère, en serrant le nœud coulant; et après avoir aussi fait deux fortes ligatures à la veine jugulaire du chien, au lieu de deux nœuds coulants que nous y avions faits, nous détachâmes les chiens, et voici ce que nous y remarquâmes de particulier :

» La chienne, qui avait communiqué son sang, estait assez faible et n'eut de force que pour aller se jeter dans un coin de la chambre, sur le costé qui n'avait pas été ouvert; mais pour le chien qui avait reçu un nouveau sang, il fit plusieurs efforts pour s'arracher une muselière qu'on lui avait mise pour l'empêcher de crier, et, après s'être un peu secoué, il s'enfuit aussitôt de ceux qui le voulaient approcher, à cause de son naturel qui est tout à fait farouche. Les deux chiens qui avaient servi à la transfusion, mangèrent fort bien deux heures après, et mangèrent beaucoup plus qu'un troisième qui avait été préparé seulement pour cette opération.

» J'ay fait conserver ces chiens, et leur vigueur s'étant conservée en augmentant de jour en jour, à proportion de leur appétit, nous n'avons pas remarqué qu'il y ait lieu de craindre quelque mauvais

succès de cette transfusion de sang. La chienne mange extraordinairement, et elle vient maintenant de faire un petit chien, qui est venu mort au monde, et dans lequel on n'a trouvé que trois ou quatre gouttes de sang. »

Denys rapporte également une nouvelle expérience qu'il fit le 8 mars suivant; il se servit pour cela du chien qui avait été transfusé dans l'expérience précédente, et il fit passer son sang dans le chien qui n'avait pas été employé; il réduisit le premier aux abois, et l'affaiblit tellement *qu'il lui parut mort;* le sang qu'il avait perdu pouvait être évalué à douze onces, car celui qui, recueilli dans le plat, avait été fourni par le deuxième, s'élevait à cette quantité. Les deux chiens en réchappèrent parfaitement, et après quelques considérations sur les conditions que l'on doit réaliser en pratiquant la transfusion, Denys termine sa lettre :

« Tout ceci se passa avec un grand étonnement de ceux qui nous honoraient de leur présence, et principalement d'un fort habile docteur en médecine, qui avoua ingénûment qu'il n'aurait jamais cru la chose s'il n'en avait vu et examiné lui-même toutes les circonstances. » (*Journal des Savants*, du lundi 14 mars 1667, p. 44.)

Ces expériences ne sont pas les seules que Denys ait faites sur des animaux; au mois d'avril de la même année, il écrivit à M*** :

« Depuis les expériences dont je vous ai écrit le 9 du mois précédent, nous avons fait passer le sang de trois veaux dans trois chiens, afin de nous assurer des effets que pouvaient produire le mélange de deux sangs si différents. Je vous en ferai savoir plus au long les particularités dans quelque temps; maintenant, je me contenterai de vous dire que les animaux dans lesquels on a fait la transfusion du sang mangent tout aussi bien qu'auparavant, et qu'un de ces trois chiens, à qui on avait tiré tant de sang le jour précédent qu'il ne se pouvait presque plus remuer, ayant le lendemain reçu le sang d'un veau, reprit à l'instant des forces et fit paraître une vigueur surprenante. Nous avons trouvé tant de nouveaux moyens de faire la transfusion avec facilité, que M. Emmeretz se fait fort de la faire sans aucune ligature, avec une ponction semblable à celle qu'on fait dans la saignée. » (Extrait d'une *Lettre de M. Denys à M****, avril 1667, p. 63.)

Les succès que Denys avait obtenu en expérimentant sur les animaux devaient nécessairement l'amener à faire la transfusion sur l'homme. C'est ce qui arriva, comme nous le verrons bientôt.

D'autres expériences sur des animaux furent entreprises, en Angleterre, par Edmond King et Thomas Coxe. Elles offrent cette particularité, qui mérite d'être signalée, d'avoir été faites *non pas d'artère à veine, mais de veine à veine.*

« Le docteur King ayant tiré à un mouton quarante-neuf onces de sang, et luy ayant redonné à peu près autant de sang d'un veau dont il avait ouvert la veine jugulaire, le mouton, après l'opération, parut aussi fort et aussi vigoureux qu'auparavant; mais, comme on le voulait tuer, on lui ouvrit la veine peu de temps après, et on laissa aller le sang autant qu'il put couler. On lui en tira soixante-cinq onces avant qu'il mourust; et l'ayant ouvert ensuite, on ne luy en trouva plus dans le corps.

» Le même docteur tira quarante-cinq onces de sang à un autre mouton qui était plus petit, et cette évacuation ayant fort affaibli cet animal, il lui redonna à peu près autant de sang de veau. Quand on eut fermé la plaie de ce mouton et qu'on l'eut délié, il ne se sentit pas plutôt en liberté que, voyant auprès de lui un épagneul auquel on avait auparavant tranfusé du sang de mouton, il lui alla donner trois ou quatre grands coups de tête, et depuis il s'est toujours très bien porté. » (*Journal des Savants,* du 8 juin 1668, p. 17.)

Thomas Coxe a fait une transfusion semblable, *de veine à veine,* sur un jeune chien fort, sain, auquel il infusa quinze ou seize onces de sang d'un autre vieux chien galeux pour voir si la gale se communiquait avec le sang. Le succès fut que le jeune chien ne s'en trouva pas plus mal, et que le chien galeux fut parfaitement guéri en dix ou douze jours, l'évacuation du sang qu'on lui avait faite ayant sans doute été la cause de sa guérison. (*Loc. cit.,* 1668, p. 17.)

En même temps que ces faits s'accomplissaient en Angleterre et en France, les journaux d'Italie publiaient des expériences entreprises sur ce sujet chez Cassini et chez Griffoni.

« Le 28e jour de mars 1667, on fit à Boulogne, chez M. Cassini, l'expérience de la tranfusion sur deux agneaux. On ouvrit l'artère carotide de l'un, et on en fit passer le sang sans

qu'il en pût couler dans le *rameau* droit de la veine jugulaire de l'autre, auquel on avait auparavant tiré autant de sang qu'on jugeait que lui en pourrait fournir un agneau de pareille grandeur, dont on laisserait aller le sang jusqu'à ce qu'il mourût. On fit ensuite deux ligatures assez proches l'une de l'autre, à la veine de l'agneau qui avait reçu le sang, et l'on coupa entièrement cette veine, entre les deux ligatures, pour voir ce qui arriverait. Après cela on délia cet agneau, qui, sans paraître plus faible, se mit à suivre ceux qui lui avaient fait cette opération. Il a vécu longtemps depuis, et sa plaie s'étant guérie, il croissait comme les autres agneaux. Mais le 5e jour de janvier de l'année 1668, il mourut subitement, et on lui trouva l'estomac plein d'aliments corrompus. Lui ayant disséqué le col pour voir ce qui était arrivé à la veine qu'on lui avait coupée, on trouva qu'elle s'était jointe au prochain muscle par quelques fibres, et que la partie supérieure de cette veine avait une communication avec l'inférieure par le moyen d'un petit rameau qui pouvait en quelque sorte suppléer au défaut du tronc entier. » (*Journal des Savants,* du lundi 19 novembre 1668, p. 85.)

« Le 20e jour du mois de mai dernier, à Udine, chez M. Griffoni, une autre expérience de la transfusion du sang d'un agneau dans les veines d'un chien *bracque,* qui était de médiocre grandeur en son espèce, âgé de treize ans, et tout à fait sourd depuis plus de trois ans, en sorte que, quelque bruit qu'on fît, il ne donnait aucune marque de l'entendre; il marchait fort peu, et il était si faible que ne pouvant lever les pieds, il ne faisait que se traîner. Après qu'on lui eut fait la transfusion et qu'on l'eut délié, il demeura l'espace d'une heure sur la table où il était; mais ensuite en étant descendu, il alla trouver ses maîtres qui étaient dans d'autres chambres. A deux jours de là, il sortit de la maison et se mit à courir dans les rues avec les autres chiens, sans traîner les pieds comme il faisait auparavant; l'appétit lui revint aussi, et il commença à manger davantage et avec plus d'avidité que devant. Mais ce qui est plus surprenant, c'est que dès lors il donna des marques qu'il commençait à entendre, se retournant quelques fois à la voix de ses maîtres. Le 13e jour de juin, il était presque guéri de sa surdité, et il paraissait, sans comparaison, plus gai qu'il n'était avant l'opération; et enfin, le 20 du même mois, il

avait entièrement recouvré l'ouïe, avec ce défaut néanmoins que lorsqu'on l'appelait, il se retournait en arrière, comme si celui qui l'appelait eût été fort éloigné; mais cela n'arrivait pas toujours, et cependant il entendait toujours quand on l'appelait. » (*Loco præc. cit.,* p. 88.)

L'expérience ayant démontré que la transfusion est non seulement possible, mais facile, il reste maintenant à savoir s'il est à propos de la pratiquer sur l'homme et si l'on en peut tirer quelque avantage considérable pour la conservation de la santé ou la guérison des maladies.

Tardy, docteur médecin de la Faculté de Paris, dans un livre intitulé : *Traité de l'écoulement du sang d'un homme dans les veines d'un autre et de ses utilités,* cherche à démontrer par le raisonnement que cette opération doit encore mieux réussir sur les hommes que sur les bêtes; mais pour éviter les inconvénients ui amèneraient souvent l'ouverture des artères, il croit qu'au lieu de faire la transfusion d'artère à veine, il vaudrait mieux la faire de veine à veine (on a vu précédemment que Ed. King et Thomas Coxe avaient procédé de la sorte). Il indique la manière de faire cette opération et les précautions à prendre pour qu'elle réussisse, en faisant passer le sang d'une des veines du bras d'un homme dans la veine du bras d'un autre. Cependant, il suppose que la personne qui fournit le sang ne donne que celui qui lui est superflu, car autrement cette opération serait barbare.

Pour les utilités que l'on en peut tirer, il pense que les vieillards et ceux dont les vaisseaux sont pleins de mauvaises humeurs et de sang corrompu, peuvent, par le moyen de la transfusion, se garantir des maux dont ils sont menacés et entretenir leur constitution naturelle. Il dit aussi que cette opération est très utile pour la guérison des maladies qui viennent de l'acrimonie du sang, comme les ulcères, les érysipèles, etc. Les médicaments que l'on prend, dit Tardy, guérissent difficilement ces sortes de maladies, parce qu'ils perdent souvent leur force avant qu'ils puissent venir au siége du mal; mais un nouveau sang, bien tempéré, allant directement dans les parties malades par le moyen de la transfusion, doit donner un soulagement beaucoup plus prompt et plus assuré. Au reste, cet auteur remarque que le sang d'un homme n'est pas absolument nécessaire pour

cette opération, et que celui d'un veau ou d'un autre animal peut produire les mêmes effets.

De tout ce qui précède, il résulte que la transfusion du sang, pratiquée sur les animaux, a été suivie *d'une manière constante* des plus heureux effets; que, grâce à elle, un chien galeux a été guéri; qu'un chien sourd a recouvert l'audition.

Ces résultats avaient déjà une importance; mais la transfusion n'aurait jamais joué qu'un rôle secondaire, si elle fût restée enfermée dans le cercle restreint de l'expérimentation sur les animaux. Elle ne pouvait s'arrêter là. L'enthousiasme qu'elle avait suscité chez ses partisans était trop grand pour qu'elle ne sortît pas de limites aussi étroites. Le raisonnement, joint aux faits, laissait entrevoir la possibilité, l'urgence même d'agir directement sur l'homme. Le pas était sans doute difficile, peut-être même périlleux à franchir; il le fut cependant, et c'est aux chirurgiens français qu'en revient toute la gloire.

On trouve dans une lettre écrite par Denys à M. de Montmor, maître des requêtes, le récit de deux expériences de transfusion faites sur l'homme.

Avant de rapporter ces deux observations, Denys insiste sur les raisons qui l'ont déterminé. Il est important de les faire connaître. Si elles ne reposent pas toujours sur des faits physiologiques exacts, elles ont du moins un caractère remarquable d'originalité.

« En pratiquant la transfusion, dit Denys, on ne fait qu'imiter l'exemple de la nature, qui, pour nourrir le fœtus dans le ventre de la mère, fait une continuelle transfusion du sang de la mère dans le corps de l'enfant par la veine ombilicale. Se faire faire la transfusion, ce n'est rien autre chose que se nourrir par un chemin plus court que d'ordinaire, c'est à dire mettre dans ses veines du sang tout fait au lieu de prendre des aliments qui ne se tournent en sang qu'après plusieurs changements. Cette manière abrégée de se nourrir est préférable à l'autre, en ce que l'aliment pris par la bouche, ayant à passer par plusieurs parties qui sont souvent mal disposées, peut contracter plusieurs mauvaises qualités avant que d'être arrivé dans les veines; il est sujet à plusieurs altérations, que l'on évite immédiatement en mettant dans ces veines du sang parfait; en outre, cette opération met d'accord les médecins qui approuvent la saignée et ceux qui ne l'approuvent

pas : ceux-ci, parce qu'elle évacue le sang corrompu, et ceux-là, parce qu'en mettant de nouveau sang à la place de celui qu'on tire, les forces du malade ne se trouvent point diminuées, et qu'enfin la raison semble enseigner que les maladies causées par l'intempérie et la corruption du sang doivent se guérir par la transfusion d'un sang pur et bien tempéré. »

Après avoir ainsi répondu à ceux qui condamnent la transfusion comme inutile, Denys répond à ceux qui la condamnent comme barbare.

« Ce qui leur donne cette opinion, c'est qu'ils s'imaginent que, pour bien faire, il faut que l'animal qui fournit le sang soit de même espèce que celui qui le reçoit, et qu'ainsi on ne peut prolonger la vie de l'un qu'en abrégeant celle de l'autre. Mais Denys fait voir que cela n'est pas nécessaire, et qu'au contraire le sang des animaux est meilleur pour les hommes que celui des hommes eux-mêmes. La raison qu'il en donne est que les hommes, étant agités de diverses passions et peu réglés dans leur manière de vivre, doivent avoir un sang plus impur que les bêtes, qui sont moins sujettes à ces dérèglements, et qu'en effet on ne trouve guère de sang corrompu dans les veines des bêtes, au lieu qu'on remarque toujours quelque corruption dans le sang des hommes, quelque sains qu'on les suppose, et même dans le sang des petits enfants, parce qu'ayant été nourris du sang et du lait de leur mère, ils ont sucé la corruption avec la nourriture. De plus, ajoute Denys, pourquoi le sang des bêtes ne serait-il pas propre aux hommes, puisqu'il est de la même espèce que le lait et la chair dont ils se nourrissent ordinairement? On pourrait ajouter que si ce que quelques auteurs ont remarqué est véritable, que les barbares qui se nourrissent de chair humaine sont sujets à plusieurs maladies fâcheuses dont ceux qui se nourrissent de la chair des animaux sont exempts, il faut en conclure que comme la chair des hommes est plus malsaine que celle des bêtes, leur sang est aussi moins propre à la transfusion.

» Toutes ces raisons servent de préambule aux deux opérations de la transfusion pratiquées sur l'homme.

» La première fut faite sur un jeune homme de seize ans, qui, à la suite d'une fièvre qui avait duré deux mois, et dans le cours de laquelle il avait été saigné vingt fois, était resté dans la stupeur

et la somnolence. Denys tira trois onces de sang et lui transfusa neuf onces de sang artériel d'agneau. Ce jeune homme perdit trois ou quatre gouttes de sang par le nez, puis il redevint calme; son sommeil cessa d'être agité; il acquit plus de force et d'agilité dans les membres, prit de l'embonpoint, et alla toujours de mieux en mieux jusqu'à guérison complète.

» Cette première expérience ayant heureusement réussi, Denys en tenta une seconde; mais plus par curiosité que par nécessité, car l'individu sur lequel on la fit n'avait aucune indisposition : c'était un porteur de chaises, fort et robuste, âgé d'environ quarante-cinq ans, qui, pour une somme assez modique, s'offrit à endurer cette opération. Comme il se portait bien et qu'il avait beaucoup de sang, on lui fit une transfusion bien plus grande que la première; car on lui tira environ dix onces de sang, et on lui rendit à peu près une fois autant de sang d'un agneau dont on avait ouvert l'artère crurale pour diversifier l'expérience. Cet homme, qui de son naturel était assez gai, fut de très belle humeur pendant toute l'opération, fit plusieurs réflexions, suivant sa portée, sur cette nouvelle manière de soigner dont il ne pouvait assez admirer l'invention, et ne se plaignit de rien, si ce n'est qu'il sentait une grande chaleur depuis l'ouverture de la veine jusqu'à l'aisselle. Aussitôt que l'opération fut faite, on ne le put empêcher d'habiller lui-même l'agneau dont il avait reçu le sang; ensuite de quoi, il alla trouver ses camarades, avec lesquels il but une partie de l'argent qu'on lui avait donné; et nonobstant qu'on lui eût ordonné de se tenir en repos le reste de la journée, et qu'il eût promis de le faire, sur le midi, trouvant occasion de gagner de l'argent, il porta sa chaise à l'ordinaire pendant tout le reste du jour, assura qu'il ne s'était jamais si bien porté; et le lendemain, il pria qu'on n'en prît point d'autre que lui quand on voudrait recommencer la même opération. » (*Loco. cit.*, p. 95.)

Les résultats constamment heureux observés chez les animaux, et les deux succès obtenus sur l'homme par la transfusion, auraient dû convertir les adversaires de cette opération, ou du moins les réduire momentanément au silence; il n'en fut rien. A peine les expériences de Denys furent-elles connues, que l'on vit les anti-transfuseurs attaquer énergiquement la transfusion, non avec des faits, mais avec des raisonnements.

Dans une lettre écrite à M. Moreau, docteur en médecine de la Faculté de Paris, E. Lamy se prononce contre la transfusion.

Il prétend que cette opération est plutôt un nouveau moyen de tourmenter les malades que de les guérir, parce que les maladies auxquelles on dit qu'elle peut servir de remède sont précisément celles qui viennent *ou de la chaleur excessive du sang, ou de la corruption.*

Dans celles qui sont causées par la trop grande chaleur, la transfusion ne peut pas avoir lieu; car le sang qui est tempéré, étant plus chaud que le propre sang du malade, augmentera la chaleur du sang de celui-ci bien loin de la diminuer; elle ne sera pas plus utile dans les maladies qui viennent de la corruption du sang, parce que le peu de sang étranger qu'on reçoit par cette opération sera bien plutôt corrompu par toute la masse du sang qui est dans le corps du malade, que l'intempérie de toute la masse du sang ne sera corrigée par ce peu de sang étranger; car si la corruption du sang d'un animal enragé ou ladre est si grande qu'un peu d'écume ou une petite vapeur qui sort de son corps par transpiration est capable d'infecter toute la masse du sang d'un animal qui se porte bien, comment un peu de sang étranger ne sera-t-il pas infecté par le mélange de tout le sang d'un animal qui est attaqué de ces maladies.

Lamy ne pense pas que la transfusion du sang soit seulement inutile, il la croit aussi pernicieuse et capable de faire naître des maladies; car, comme le sang d'un veau ou d'un animal quelconque est composé de plusieurs particules différentes destinées à nourrir les différentes parties de son corps, il demande si l'on fait passer ce sang dans les veines d'un homme, ce que deviendront par exemple les diverses particules de ce sang que la nature avait destinées à produire la corne?

En second lieu, comme l'esprit et les mœurs suivent ordinairement le tempérament du corps, et que le tempérament du corps dépend particulièrement de celui du sang, il est à craindre que le sang d'un veau, transfusé dans les veines d'un homme, ne lui communique aussi la stupidité et les inclinations brutales de cet animal. (*Journal des Savants,* p. 10, 1662.)

Gadroys répondit aux arguments exposés par Lamy, dans une lettre qu'il adressa à l'abbé Bourdelot :

« Il oppose d'abord aux raisonnements de Lamy l'expérience, à laquelle tout cède. Il n'est plus question dans la physique et dans la médecine, en effet, de savoir si un animal se peut nourrir du sang d'un autre animal de différente espèce, puisque deux chiens auxquels on avait donné, huit mois auparavant, du sang de veau, vivaient encore au moment où il écrit, et qu'une petite épagneule, qui était toute languissante de vieillesse, après avoir reçu le sang d'un chevreau, non seulement s'était bien portée, mais était pour ainsi dire rajeunie.

» Puis, répondant aux objections de Lamy, il fait remarquer :

» 1° Que, bien que le sang qui est transfusé paraisse chaud au toucher, néanmoins il peut rafraîchir; de même qu'un bouillon de veau ne laisse pas de rafraîchir, quoiqu'on le sente chaud quand on l'avale.

» 2° Que, quant à l'observation qu'un peu de bon sang étranger mis avec une grande quantité de sang corrompu, ne peut corriger l'intempérie, ne prouve pas que la transfusion soit inutile, parce que l'on peut faire une évacuation de sang aussi grande que l'on voudra, avant d'en transfuser de nouveau, et que, pour lors, rien n'empêchera qu'on mette une grande quantité de bon sang étranger avec une petite quantité de sang corrompu qui sera demeuré dans les veines.

» 3° Qu'il ne faut pas craindre qu'il vienne des cornes à ceux à qui l'on aura transfusé du sang de veau, ou que la brutalité de cet animal ne se communique avec son sang, puisqu'on n'appréhende pas que le même accident arrive à ceux qui prennent le lait de vache.

» Enfin, pour confirmer l'utilité de la transfusion, il rapporte une expérience faite sur un malade réduit à la dernière extrémité. Il y avait déjà trois mois qu'il ne prenait plus de nourriture, il avait perdu la connaissance et la parole, et les médecins qui le traitaient l'avaient abandonné; cependant, après la première transfusion qui lui fut faite d'environ deux palettes de sang, son pouls s'éleva aussitôt, son flux de ventre s'arrêta, et la parole lui revint aussi bien que la connaissance. On commençait déjà à concevoir quelque espérance de sa santé; mais après avoir été vingt-quatre heures en cet état, il retomba dans les mêmes symptômes que devant. Une seconde transfusion lui redonna une

seconde vigueur; néanmoins, ce ne fut pas longtemps, car il mourut environ douze heures après, et l'on reconnut, par l'ouverture qui fut faite de son corps, qu'il ne pouvait pas vivre plus longtemps, ses intestins s'étant trouvés tous gangrenés.» (*Journal des Savants,* 1668, p. 11.)

«Gurge, sieur de Monipolli, prit part à cette discussion, et, dans une lettre adressée à l'abbé Bourdelot, il dit qu'il faut tenir le milieu entre les deux opinions contraires dont nous avons parlé jusqu'ici. D'après lui, cette opération n'est pas si sûre ni d'un aussi grand usage que les uns le prétendent; mais qu'elle n'est pas non plus tout à fait inuile, encore moins pernicieuse, comme d'autres l'assurent. C'est un remède douteux, qui peut produire de bons effets s'il est bien administré, et qui peut avoir de très fâcheuses suites si l'on ne s'en sert avec beaucoup de prudence.

» De son côté, Lamy écrivit de nouveau à Moreau pour répondre aux objections de Gadroys; mais ses réponses ne sont qu'une répétition des arguments énoncés dans sa première lettre.

» Il parut à la même époque un ouvrage d'Eutyphronus, philosophe et médecin, ayant pour titre : *De nova curandorum morborum ratione per transfusionem sanguinis dissertatio,* dans lequel l'auteur refuse d'admettre la transfusion; il se moque de ce que, pour autoriser la transfusion, on a avancé que c'était un moyen abrégé de se nourrir en mettant du sang tout fait dans les veines, au lieu de s'amuser à le faire dans le ventricule; il dit que c'est à la vérité le chemin le plus court, mais non pas le plus sûr, et que c'est à peu près comme si une personne qui serait à un troisième étage, voulant venir en bas, ne prendrait pas la peine de descendre l'escalier, mais pour prendre le plus court chemin sauterait par la fenêtre; car la nature n'ayant point montré d'autre chemin pour conduire le sang dans les veines que de le faire passer dans le ventricule, il y a de la témérité à prendre d'autres voies.

» L'auteur fait remarquer, en outre, que c'est accabler les malades, et non pas les soulager, que de leur donner du sang par la transfusion, puisque le plus grand secret de la médecine est de leur en ôter par la saignée, l'expérience ayant fait voir que l'abondance de sang est à charge à la nature presque dans toutes les maladies. Il est vrai qu'on dit que la transfusion est toujours

accompagnée de la saignée, et que l'on ne donne point de sang que l'on en ait ôté auparavant; mais l'auteur répond que c'est détruire ce que la saignée a fait; que ce n'est pas décharger la nature, mais lui faire seulement changer de fardeau; et qu'un malade n'en serait pas plus déchargé, que ne le serait un portefaix que l'on déchargerait d'un sac de pois pour le charger d'un sac de fèves.

» Mais en admettant que la transfusion fût de quelque usage, il faudrait, pour la faire, se servir du sang de l'homme et non pas du sang de bête; car le lait de femme étant meilleur pour la nourriture des enfants que celui d'aucun autre animal, il s'ensuit que le sang de l'homme doit être préférable à tout autre pour la transfusion. » (*Journal des Savants,* p. 15, 1668.)

« Tardy, dans sa lettre à Le Breton, docteur en médecine de la Faculté de Paris, admet que le sang des hommes est meilleur pour la transfusion que celui des bêtes; mais il avoue aussi que si la transfusion n'est pas bonne pour toutes les maladies, et particulièrement pour les pleurésies et toutes les maladies chaudes, dans lesquelles il est plus utile d'ôter du sang que d'en donner, cependant elle ne doit pas être rejetée, parce qu'elle peut être utile dans plusieurs autres cas.

» Pour que la transfusion triomphât de tous ces raisonnements plus ou moins sérieux, il fallait que ses partisans pussent apporter à leurs adversaires de nouveaux faits et de nouveaux succès. L'exemple donné par Denys ne pouvait rester stérile; il fut imité, et les chirurgiens anglais que nous avons vus déjà expérimenter les premiers sur les animaux, pratiquèrent à leur tour la transfusion sur l'homme.

» Richard Lower et Ed. King ôtèrent, en effet, six ou sept onces de sang à un homme nommé Arthur *Coga,* et lui transfusèrent aussitôt après *neuf ou dix onces de sang tiré de l'artère carotide d'un agneau;* il se trouva si bien de cette opération, qu'il pria instamment, quatre jours après, qu'on la lui fît de nouveau. Mais Richard Lower et King jugèrent à propos de différer encore quelque temps. » (*Journal des Savants,* du 6 février 1668, p. 17.)

« Denys, enhardi par les deux succès que nous avons mentionnés précédemment, trouva l'occasion de faire encore la transfusion sur l'homme, et ne la laissa pas échapper. Cette opération est trop

importante, par les conséquences qu'elle amena, pour ne pas la faire connaître avec quelque détail.

» Le malade dont il est question était âgé de trente-quatre ans. Depuis l'âge de vingt-six ans, il avait donné des signes non équivoques de folie. Cette folie avait présenté des intermittences marquées. Le malade avait des alternatives d'agitation et de calme. Bientôt son agitation devint extrême; il tomba dans un état complet de délire. Étant à la campagne, à quatre lieues de Paris, malgré toutes les précautions qu'on employa pour l'empêcher de s'échapper, il parvint à s'évader et arriva nu dans les rues de la capitale. M. Montmor, touché de pitié, le confia à Denys, qui, avec le chirurgien Emmeretz, lui firent la transfusion. Emmeretz ouvrit l'artère crurale d'un veau, et ayant tiré au fou dix onces de sang de la veine du bras droit, on lui transfusa cinq à six onces de sang de veau; en même temps, le malade sentit une chaleur prononcée au bras et sous les aisselles. Le délire s'étant calmé un peu, Denys pratiqua une nouvelle transfusion au bras gauche, qui fut plus abondante que la première. Le calme revint tout à fait après plusieurs jours; car, sachant que l'on était à la Noël, il fit venir son confesseur pour se disposer à la communion; il se confessa avec tant d'exactitude, que son confesseur rendit un témoignage public de son bon sens. Sa femme confirma de plus en plus les bons effets de la transfusion, en affirmant à Denys que, dans l'époque actuelle (c'était à la pleine lune), son mari avait l'habitude d'être très emporté et très furieux contre elle; au lieu d'être humain et doux avec elle, comme il l'était à ce moment, il avait été dans l'usage de jurer et de la frapper.

» Depuis, cet homme devint tranquille, put vaquer à ses affaires, passa ses nuits dans un sommeil non interrompu. » (*Abrégé des transactions philosophiques de la Société royale de Londres*, 6[e] partie, 1790, p. 387 et suiv.)

« Cet homme, qui avait été opéré vers la fin de l'année 1667, resta guéri jusqu'au mois de janvier 1668; il rechuta à cette époque.

» Sa femme lui ayant administré des remèdes qui n'avaient produit aucun effet, pria Denys de faire de nouveau la transfusion; il refusa d'abord; puis, cédant aux sollicitations pressantes qui lui

étaient adressées, il commença l'opération; mais bientôt le malade fut pris d'un tremblement général. La *transfusion ne fut pas faite,* et la mort arriva pendant la nuit. Soupçonnant qu'il avait été empoisonné par sa femme, Denys demanda l'ouverture du cadavre, et ne put l'obtenir. La femme lui assurait que des offres d'argent lui avaient été faites pour soutenir que son mari était mort des suites de la transfusion; elle en demandait à Denys, pour soutenir le contraire; il refusa, et porta plainte au lieutenant criminel. Une sentence du Châtelet termina cette contestation. » (Ces derniers détails se trouvent mentionnés dans le tome XXVI du *Dictionnaire des Sciences,* Neufchâtel.)

J'emprunte à la Thèse de M. Nicolas, *Essai sur la transfusion du sang,* n° 79; Paris, 1860), l'arrêt du Châtelet qu'il a traduit.

Cette pièce authentique offre trop d'intérêt pour ne pas figurer dans l'histoire physiologique de cette question.

Extrait de la sentence donnée au Châtelet par le lieutenant des causes criminelles.

Paris, le 17 avril 1668.

« Dans cette cause, on a prouvé l'évidence des faits suivants :

» 1° L'opération de la transfusion a été pratiquée deux fois sur Mauroy, aliéné, et a été essayée une troisième. Elle réussit si bien les deux premières fois, que l'on vit cet homme jouir pendant trois mois de tout son bon sens et d'une parfaite santé.

» 2° Depuis les deux premières opérations, sa femme lui donna pour aliments des œufs et du bouillon et coucha quatre fois avec lui. Malgré la défense de ceux qui le traitaient, et sans leur en parler, elle conduisit chez elle son mari, qui n'y alla qu'avec une grande répugnance.

» 3° Depuis cette époque, il fréquenta les maisons publiques, prit du tabac, et étant retombé malade, sa femme lui fit boire des liqueurs spiritueuses et du bouillon auquel elle mêlait certaines poudres.

» Mauroy s'étant plaint qu'elle voulait l'empoisonner et qu'elle lui donnait de l'arsenic dans ses bouillons, elle empêcha les assistants d'y goûter, et, simulant la folie, elle jeta sur le sol le contenu de la cuiller.

» 4° Mauroy avait de fréquentes querelles avec sa femme; elle le battait quoiqu'il fût malade; celui-ci lui ayant une fois lancé une boîte à la tête, elle dit qu'il s'en repentirait, quoiqu'elle dût en mourir.

» 5° Lorsque la transfusion fut essayée pour la troisième fois, ce fut après de très vives instances de sa femme. Ceux qui devaient la pratiquer ne consentaient à la faire qu'avec une permission du solliciteur général. Le jour même où l'opération fut commencée, à peine un peu de sang était-il sorti du pied ou du bras du patient, un tube fut placé dans la veine; alors le fou se mit à crier, quoique, à ce qu'il paraît, le sang du veau n'eût pas encore passé dans ses veines, et l'opération ne fut pas continuée. Le malade mourut dans la nuit.

» 6° Cette femme ne voulut permettre à personne d'ouvrir le corps de son mari, donnant pour cause qu'il était déjà dans le cercueil, alors qu'il n'y était pas.

» 7° Longtemps après le décès dudit Mauroy, trois médecins offrirent de l'argent à cette femme pour formuler une plainte, accusant la transfusion d'avoir tué son mari; elle dit, lorsque ces personnes furent sorties de chez elle, qu'elle avait été de leur avis, et que si ceux qui avaient fait l'opération refusaient de lui donner ce qui lui était nécessaire pour retourner dans son pays, elle ferait ce qu'elle avait conclu avec les autres.

» Un témoin a déposé qu'elle vint le prier d'informer les opérateurs, que s'ils ne voulaient pas subvenir à tous ses besoins pendant toute sa vie, elle accepterait l'offre des médecins susdits.

» Un autre témoin a déposé qu'un médecin lui offrait 12 louis d'or pour affirmer que Mauroy était mort pendant l'opération même de la transfusion.

» Il y a suffisamment lieu d'informer cette affaire d'une manière complète et d'examiner cette femme; d'informer, afin de savoir quelles étaient ces poudres; pourquoi elle les a données à son mari; qui les avait ordonnées; pourquoi elle a empêché l'ouverture du corps par ses mensonges. De nouvelles informations devront être prises, et pendant ce temps on s'assurera de la femme susdite.

» Quant aux trois médecins qui lui avaient offert de l'argent pour persécuter ceux qui avaient fait l'opération, et que l'on avait vus avec elle, on leur assignerait un jour pour comparaître en personne.

» Enfin, considérant que les deux premières opérations de transfusion ont réussi, et que si une troisième a été entreprise, c'est à la demande pressante de la femme, qui, d'ailleurs, a très mal observé les ordres des opérateurs, et qui est soupçonnée d'avoir occasionné la mort de son mari, il est demandé qu'un jour lui soit assigné pour comparaître en personne afin de terminer l'affaire.

» Sur quoi, il fut décrété que la veuve Mauroy serait assignée pour comparaître en personne, et serait examinée sur les informations susdites, et que de plus amples renseignements seraient pris sur le contenu

de la plainte de M. Denys, et qu'à l'avenir la transfusion ne pourrait être faite chez l'homme sans l'approbation d'un médecin de la Faculté de Paris. » (Thèse, p. 15 et suiv.)

C'est par cet édit du Châtelet que finit la première période de l'histoire physiologique de la transfusion du sang.

Deuxième période.

Pendant cette seconde période, qui s'étend de l'année 1668 jusqu'en 1818, la transfusion du sang tomba complètement dans l'oubli. De même qu'elle avait été proscrite de la chirurgie française par l'édit du Châtelet, un cas malheureux la fit condamner par la cour de Rome.

Aussi, pendant cette période de cent cinquante ans, n'en trouve-t-on que quelques rares mentions qui n'ont aucune importance.

Il faut arriver au commencement du XIXe siècle pour assister en quelque sorte à la résurrection de la transfusion du sang.

Troisième période.

La troisième période de la transfusion du sang commence avec l'année 1818. Tombée dans l'oubli pendant un siècle et demi, une circonstance malheureuse devait l'en faire sortir. C'est pour en avoir été le témoin, que Blundell entreprit sur les animaux des recherches expérimentales, dont il fit bientôt les applications à l'homme.

J'ai traduit le Mémoire de Blundell, et je laisserais une lacune regrettable dans l'histoire physiologique de cette question, si je ne faisais pas une mention suffisamment détaillée des expériences de cet habile chirurgien.

« Il y a quelques mois, dit Blundell, je fus appelé auprès d'une femme qui dépérissait par suite d'une hémorrhagie utérine; les pertes s'étaient arrêtées avant mon arrivée, mais le sort de cette malade était décidé. Malgré tous les efforts des médecins, elle mourut au bout de deux heures. Plus tard, réfléchissant à cette triste scène, car il y avait des circonstances qui lui donnaient un

intérêt particulier, je ne pus pas m'empêcher de penser que la malade aurait pu être probablement sauvée par la transfusion, et quoiqu'il y eût peu de convenance à opérer de la manière usitée, les vaisseaux auraient pu être remplis avec facilité et promptitude au moyen de la seringue.» (*Medico chirurgical Transactions,* IX[e] vol., 1818, p. 56.)

Toutefois, craignant que le sang ne fût plus propre aux fonctions animales après son passage dans la seringue, Blundell chercha à le vérifier expérimentalement.

Première expérience. — La veine fémorale ayant été mise à découvert sur un chien, le chirurgien introduisit dans l'artère un tube, à l'aide duquel il tira huit onces de sang de l'animal en deux minutes.

Les symptômes les plus alarmants se montrèrent bientôt : difficulté dans la respiration, convulsions, profond évanouissement marqué par l'arrêt de la circulation, par la perte de la sensibilité, par un relâchement complet des muscles abdominaux.

Après quelques secondes, six onces de sang furent prises dans l'artère fémorale d'un autre chien, et injectées dans la veine. L'animal se ranima, la respiration redevint régulière, et la sensibilité se rétablit.

Cette résurrection fut si complète, que l'animal parut se réveiller, plutôt que de sortir d'un état de mort apparente (P. 57 et 58).

Blundell conclut de cette expérience que le passage du sang par la seringue ne le rend pas impropre aux fonctions animales.

Deuxième expérience. — La veine fémorale d'un chien fut mise à découvert, un tuyau y fut introduit ainsi que dans l'artère. A mesure que le sang s'échappant de ce dernier vaisseau tombait dans un vase, il fut de suite introduit dans la veine.

Cette opération fut continuée pendant vingt-quatre minutes, et le chien n'en parut pas incommodé (P. 59). Or, pour que cette expérience ait été prolongée pendant vingt-quatre minutes, il faut que le même sang ait passé plusieurs fois par les instruments.

Cela prouve, d'une manière plus évidente encore que la précédente expérience, que le sang peut être transmis par la seringue, et cela à plusieurs reprises, sans devenir impropre aux fonctions vitales.

Blundell conclut de ces expériences, que la transfusion du sang dans les veines d'une créature humaine, et cela au moyen de la seringue, peut produire les résultats les plus avantageux.

Les expériences que je viens de signaler ne sont pas les seules qui aient été faites par le chirurgien anglais; en effet, il en rapporte d'autres dans lesquelles il a cherché à établir ce qui arriverait si on laissait séjourner le sang pendant un certain temps dans le vase destiné à le recevoir, avant de l'injecter dans les veines d'un animal, et de plus en empruntant le sang à un animal d'une autre espèce.

Ainsi, du sang humain ayant séjourné *de trente à soixante secondes* dans un vase, a été introduit dans les veines de plusieurs chiens; *ils ont tous succombé,* soit immédiatement après l'opération, soit quelque temps après, soit après plusieurs jours.

Ces expériences, tentées déjà par M. Goodrige de la Barbade et par le docteur Leacock, leur avaient donné les mêmes résultats.

Blundell, craignant que l'introduction du sang à l'aide de la seringue laissât pénétrer l'*air* dans les vaisseaux, et redoutant la présence de ce gaz, chercha s'il ne pourrait pas être supporté à une dose peu élevée sans compromettre la vie. Pour cela, il tenta quelques expériences, d'*où il conclut que l'air, s'il n'est pas en quantité trop considérable dans les veines, peut être supporté sans troubler les fonctions de l'animal d'une manière sensible.* Nous aurons occasion de parler de ces résultats et d'ajouter à ces faits ceux que nos propres expériences nous ont permis de constater.

Toutes les expériences rapportées jusqu'à ce moment ont été faites avec le sang artériel; il était important de voir si le sang veineux donnerait les mêmes résultats. Les recherches de Blundell lui ont appris que le sang veineux de l'homme, introduit dans l'animal, ne ramenait pas mieux la vie que le sang artériel.

Après le récit de ces expériences, Blundell fait la description de l'appareil qu'il a inventé pour pratiquer la transfusion. Il en sera question dans une autre partie de ces études.

Le Mémoire du chirurgien anglais se termine par le récit d'expériences que l'on peut diviser en trois séries :

Première série. — Du sang artériel a été transfusé à des chiens qui avaient subi une violente hémorrhagie et qui semblaient dans

un état voisin de la mort. Les mouvements du cœur se sont bientôt rétablis, et l'animal est revenu à la vie. Blundell fait remarquer que pour obtenir ce résultat, il a *fallu toujours une quantité de sang bien inférieure à celle que l'animal avait perdue.*

Deuxième série. — *Transfusion du sang artériel d'un animal dans les veines du même animal.* Le résultat a été presque instantané : l'animal est revenu à la vie.

Troisième série. — *Transfusion du sang humain dans les veines d'un chien.* — Après avoir fait perdre à trois chiens une assez grande quantité de sang, Blundell leur transfusa du *sang humain.* Immédiatement après l'opération, l'animal parut se ranimer, mais il ne tarda pas à succomber.

Les expériences de Blundell, en ressuscitant en quelque sorte la transfusion du sang, ne devaient pas être sans influence. De même que nous avons vu pendant la première période de 1665 à 1668 les chirurgiens de tous les pays s'occuper sérieusement de cette question, de même l'exemple donné par le chirurgien anglais devait être suivi ; il le fut en effet, et des travaux nombreux parurent alors. En France, nous voyons M. Milnes Edwards, le savant doyen de la Faculté des Sciences de Paris, dans sa Thèse inaugurale pour le doctorat en médecine soutenue en 1823, énoncer cette proposition : dans les hémorrhagies graves, on peut avoir recours à la transfusion du sang.

Deux années plus tard, MM. Prévost et Dumas terminèrent leurs recherches sur les globules de sang par quelques expériences sur la transfusion : *cette opération malheureusement trop célèbre, et dont on a tant abusé dans un siècle ignorant et barbare* (P. 226).

« Si l'on prend le sang qu'on injecte sur un animal d'espèce différente, mais dont les globules soient de même forme, quoique de dimension différente, disent MM. Prévost et Dumas, l'animal n'est qu'imparfaitement relevé, et l'on peut rarement le conserver plus de six jours.

» Les animaux soumis à ces épreuves présentent quelques phénomènes que nous ne devons pas omettre : le pouls devient plus rapide, la respiration conserve son état normal, mais la chaleur s'abaisse avec une rapidité remarquable lorsqu'elle n'est

pas artificiellement maintenue dès l'instant de l'opération; les déjections deviennent muqueuses et sanguinolentes, et conservent ce caractère jusqu'à la mort; les facultés instinctives ne sont point altérées. Ces observations s'appliquent à l'injection du sang frais, comme à celle du sang extrait depuis douze et même vingt-quatre heures; il suffit d'en empêcher la coagulation par l'agitation ordinaire, et d'en séparer la fibrine isolée au moyen d'un linge.

» Si l'on injecte du sang à globule circulaire à un oiseau, l'animal *meurt ordinairement* au milieu d'accidents nerveux très violents, et comparables par leur rapidité à ceux que l'on obtient *au moyen des poisons les plus intenses*. Ils se manifestent encore, lorsque le sujet sur lequel on opère n'a point été affaibli par une notable déperdition de ce liquide.

» On a transfusé du sang de vache et de mouton dans des chats et des lapins. Soit qu'on ait pratiqué l'opération immédiatement après l'extraction du sang, soit qu'on ait laissé celui-ci dans un endroit frais pendant douze et même vingt-quatre heures, l'animal a été rétabli pour quelques jours dans un grand nombre de cas.

» Le sang de mouton transfusé à des canards excite des convulsions rapides et très fortes, suivies de la mort. Souvent nous avons vu mourir l'animal avant que l'on ait achevé de pousser la première seringue, quoiqu'il n'eût éprouvé qu'une saignée très faible auparavant et qu'il fût fort bien portant.

» Nous nous bornerons, disent en terminant MM. Prévost et Dumas, à ce peu de mots sur la question que M. Blundell a tentée récemment avec succès, mais sous un point de vue différent du nôtre; et s'il en a été fait mention ici, c'est afin de prouver que la transfusion sur l'homme *doit être abandonnée comme absurde et dangereuse,* tant que nous ne serons pas plus avancés sur la connaissance entière du principe actif du sang. » (*Bibliothèque universelle de Genève,* p. 226 et suiv., t. XVII, 6e année, 1821.)

La citation précédente prouve suffisamment que MM. Prévost et Dumas n'étaient pas, en 1821, partisans de la transfusion du sang. En est-il de même aujourd'hui?

Un des plus importants Mémoires sur la transfusion est celui que Dieffenbach a publié dans les *Archives* de Muller, et dont un extrait se trouve dans les *Archives de Médecine.* (1re série, t. XXII, p. 99. 1810.)

L'auteur rappelle que la transfusion peut être faite de deux manières :

1° *Transfusion immédiate faite à l'aide d'un tube intermédiaire allant de l'artère d'un animal à la veine de l'autre ;*

2° *La transfusion médiate,* qui se fait en poussant dans une veine, au moyen d'une seringue ou de tout autre appareil analogue, du sang tiré des vaisseaux d'un animal plus ou moins longtemps après sa sortie.

1° Effets de la transfusion immédiate sur les animaux épuisés par une forte hémorrhagie.

Dieffenbach a fait de nombreuses expériences de transfusion immédiate; il en rapporte onze dans son Mémoire. Je ne lui en emprunterai qu'une seule, toutes les autres étant semblables pour le procédé suivi et les résultats obtenus.

Il ouvrit la carotide à un petit chien et laissa couler le sang jusqu'à ce que l'animal ne donna plus aucun signe de vie.

Cet état de mort apparente fut précédé de convulsions violentes. Pendant les accidents nerveux, la pupille se dilata et se contracta alternativement, jusqu'à ce qu'elle restât complètement immobile et largement dilatée. La veine jugulaire fut alors ouverte.

Dieffenbach mit la carotide à découvert sur un autre chien, introduisit le tube à la fois dans l'artère de l'un et dans la jugulaire de l'autre; il laissa couler le sang dans les vaisseaux du second. Le chien qui recevait le sang parut d'abord respirer mieux, mais cependant il ne survécut pas.

Cette expérience fut pratiquée sur six chiens, deux chats, une vieille brebis, un veau et un chevreau; elle fut suivie des mêmes résultats chez trois chiens, le jeune chat et le chevreau. Tous ces animaux périrent plus ou moins promptement. Les trois autres chiens, le vieux chat, la brebis et le veau, se rétablirent peu à peu et recouvrèrent la santé au bout d'un temps variable, depuis quelques heures jusqu'à trois jours.

La transfusion immédiate peut donc quelquefois sauver la vie. Dieffenbach ajoute cependant, que, même dans des cas heureux, elle n'est pas sans danger.

2° Effets de la transfusion médiate pratiquée à l'aide d'une seringue sur les animaux épuisés par une forte hémorrhagie.

Toutes ces expériences de transfusion médiate ont été faites avec du sang fraîchement tiré des vaisseaux, et qui conservait encore sa chaleur.

Les deux tiers des animaux ont été ramenés à la vie.

Dieffenbach, poursuivant ses recherches, a vérifié *pendant combien de temps le sang tiré des vaisseaux conservait sa propriété de revivifier un animal.*

Il conclut de ses expériences, qu'après trois heures celui-ci perd son action.

Ce résultat est en contradiction avec ceux de Blundell, qui prétend avoir ranimé des chiens avec du sang sorti des vaisseaux depuis vingt-quatre heures.

Le sang coagulé et redissout n'a que rarement fait reparaître quelques signes de vie, mais il n'y a jamais eu une revivification complète.

3° Effets de la transfusion du sang d'un animal sur d'autres animaux d'espèce différente.

« Je n'ai jamais parfaitement réussi, dit Dieffenbach, à ranimer un animal avec le sang d'animaux d'espèce différente. Des chiens furent cependent tirés quelquefois de leur état de mort apparente par la transfusion médiate du sang de brebis ou d'homme, mais la plupart d'entre eux périrent promptement, au milieu de convulsions violentes, surtout lorsque j'employai du sang humain. Aucun de ces animaux ne survécut au sixième jour. D'autres expérimentateurs cependant paraissent avoir été plus heureux que moi. M. Blundell, entr'autres, assure qu'il a rappelé un chien à la vie en lui transfusant du sang pris sur un homme, et que l'animal survécut parfaitement à cette expérience.

» Quant à moi, malgré toutes les précautions imaginables, j'ai constamment échoué. »

A l'appui de cette assertion, Dieffenbach cite des expériences où du sang humain fut injecté à un chat, du sang de bœuf à un

mouton et à un chien : chat et mouton succombèrent. Du sang de lapin fut injecté à un chat; l'animal mourut le même jour. Du sang de veau fut injecté à un chat, après être resté vingt-quatre heures à l'air; l'animal mourut.

Après avoir saigné un chien de manière à le rendre *exsangue,* Dieffenbach lui injecta une once et demie de sang de bœuf, qui était resté pendant *quarante heures* au contact de l'air; la respiration et la circulation s'accélérèrent d'abord, mais peu à peu elles reprirent leur caractère normal; l'animal poussa quelques gémissements, les pupilles se dilatèrent énormément, et au bout d'un quart-d'heure, lorsque l'expérience fut terminée, l'état de l'animal était tel, qu'on devait s'attendre à une mort prochaine. Cependant, après trois heures, il était sensiblement mieux, et au bout de quelques jours il était complètement rétabli.

Sur le même animal, l'expérience fut répétée avec du sang de bœuf tiré *depuis vingt-quatre heures;* on ne lui tira qu'une once et demie de sang de la jugulaire; les mêmes symptômes se montrèrent d'abord; huit heures après l'animal était mort.

Des expériences précédentes, Dieffenbach conclut :

1° Du sang conservé pendant quelque temps et tenu liquide par l'agitation, puis passé à travers un linge et injecté dans les veines d'un animal d'espèce différente est promptement mortel.

2° Une forte saignée, portée jusqu'à la syncope, peut diminuer l'influence d'un sang étranger et dépouillé de sa vitalité par un contact prolongé avec l'atmosphère.

3° L'injection d'une certaine quantité d'un sang étranger qui est resté longtemps exposé à l'air, et qui, sans saignée préalable, serait suffisant pour tuer l'animal, ne produit pas ce résultat lorsqu'on commence à soustraire à l'animal une quantité considérable de son propre sang.

Les résultats obtenus par Dieffenbach devaient trouver bientôt une éclatante confirmation dans les recherches si curieuses et les expériences si intéressantes de Bischoff.

Bischoff, en variant les expériences et en ne les limitant pas à une même classe d'animaux, devait faire faire un grand pas à la transfusion du sang.

Après avoir rappelé, au début de son Mémoire, les recherches de Muller, Prévost et Dumas et Dieffenbach sur le sang, il s'arrête,

en y insistant beaucoup, sur les faits qui semblent résulter des expériences de ces physiologistes :

1° *L'indispensable nécessité de défibriner le sang pour opérer avec succès la transfusion;* car une des difficultés de cette opération, en même temps qu'un des dangers les plus sérieux, se trouve dans la rapidité avec laquelle la fibrine fraîche se coagule.

2° Le sérum et la fibrine délayés ne peuvent pas ramener la vie dans un animal qui a perdu beaucoup de sang par suite d'hémorrhagie; d'où cette conclusion, que les globules sont le véritable *principe actif* de ce liquide (Dieffenbach).

5° Le battage du sang, ainsi que l'a prouvé Muller, employé pour lui enlever sa fibrine, n'altère en aucune façon les globules.

Bischoff s'étonne cependant que du sang de mammifère injecté à des oiseaux puisse amener des effets foudroyants, car les globules des premiers étant plus petits que ceux des autres, ne devraient pas arrêter la circulation dans le cœur et le cerveau (P. 349).

Aussi jugea-t-il nécessaire de faire de nouvelles expériences.

Elles peuvent être divisées en trois séries :

1° Expériences dans lesquelles du sang de mammifère a été introduit dans des veines d'oiseaux (poule, coq, oie, canard), *après avoir été défibriné.*

2° Dans la seconde série se trouvent celles où la même opération a été faite avec du sang *non défibriné.*

3° Dans une troisième série d'expériences, Bischoff se pose la question suivante :

« Du sang défibriné, emprunté à des animaux appartenant à une espèce, peut-il ramener la vie s'il est injecté dans les veines d'un animal d'une espèce différente, alors que ce dernier a été fortement épuisé par une hémorrhagie considérable? »

1° TRANSFUSION DES MAMMIFÈRES AUX OISEAUX.

L'instrument dont s'est servi le physiologiste allemand est une petite seringue d'étain contenant deux onces d'eau. Il a pratiqué surtout la transfusion médiate.

PREMIÈRE SÉRIE.

Sang de mammifère fouetté injecté à des oiseaux.

Le 21 juin 1835, il mit à nu la veine jugulaire droite à un

jeune coq, et lui injecta une petite quantité de sang de veau, fouetté, qui avait été tiré quelques heures auparavant par la carotide. L'animal ne parut pas affecté par cette opération, et se mit à courir dans la chambre. Aucun accident n'ayant eu lieu, il fit la même expérience sur un autre coq. Le nerf vague fut lié pendant l'opération sans donner lieu à aucun accident. Les deux coqs survécurent, ainsi qu'un troisième, auquel il injecta du sang artériel et veineux mélangés, et qui avait été préalablement défibriné (P. 351).

Le 2 juillet, il injecta dans la veine jugulaire droite d'une poule forte et adulte une assez grande quantité de sang artériel *défibriné,* pris à un chien, et chauffé à 36° Réaumur. La poule en perdit une assez grande quantité, mais moins cependant qu'on ne lui en injecta. Elle parut faible après l'opération; sa respiration était tranquille; elle se remit bientôt, guérit parfaitement, et vécut jusqu'au 6 août, époque ou Bischoff s'en servit pour une autre expérience.

Une circonstance curieuse se manifesta : la poule devint méchante, elle sautait à la figure de tous ceux qui l'approchaient, et tua même quelques petits poulets. Cette méchanceté diminua plus tard, mais ne se perdit pas complètement.

Les mêmes résultats furent observés : 1° sur un canard, auquel fut injecté du sang fraîchement défibriné (P. 532); 2° sur un chien, qui reçut par la carotide une once de sang de poule défibriné et chauffé (P. 352).

CONCLUSIONS.

Le sang de mammifères défibriné et injecté à des oiseaux, n'exerce pas sur eux d'influence délétère.

DEUXIÈME SÉRIE.

Expériences faites avec du sang non défibriné.

Le 26 juillet, il transfusa à un jeune coq qui avait perdu un peu de sang une certaine quantité de ce liquide frais, *non défibriné,* qui avait été pris à un chat. Après quelques secondes, l'*animal fut pris de convulsions violentes et mourut,* en présentant *tous les symptômes d'un empoisonnement narcotique violent.*

Le même résultat fut observé chez un autre coq, auquel on

avait transfusé du sang de lapin. Il mourut sur-le-champ, quoiqu'il n'eût pas eu d'hémorrhagie, et que la quantité de sang de lapin introduit dans son système veineux fût peu considérable (P. 353).

Bischoff enleva à un canard la plus grande partie de son sang, et le lui injecta promptement après l'avoir défibriné. L'animal revint à la vie; il le lui enleva de nouveau et le lui transfusa après l'avoir de nouveau privé de sa fibrine; le canard revint encore à la vie (P. 354).

Après avoir constaté, comme Prévost et Dumas et Dieffenbach, que le sang de mammifère non défibriné entraîne rapidement la mort des oiseaux, Bischoff s'est demandé si du sang défibriné emprunté à une espèce, ne produisant pas la mort lorsqu'on l'injecte dans les veines d'un animal d'une autre espèce, ne pourrait pas avoir des propriétés stimulantes capables de ramener à la vie un animal épuisé par une hémorrhagie.

Le 28 juillet, pour le vérifier, il mit à nu la veine jugulaire d'un canard et d'un chien; il introduisit des tubes dans les vaisseaux de ces deux animaux, après leur avoir ôté assez de sang *pour qu'ils fussent dans un état voisin de la mort*. Après cela, il injecta au canard du sang défibriné de chien, et au chien, du sang défibriné de canard.

Aucun des deux animaux ne revint à la vie.

Le 6 août, il prit une poule et un lapin : à la première, qu'il avait *épuisée par une hémorrhagie préalable,* il injecta du sang défibriné de deux rats; elle ne se ranima pas.

Le lapin reçut également du sang défibriné de deux coqs, sans résultat.

Craignant de n'avoir pas pris toutes les précautions convenables dans ces expériences, qui n'avaient donné que des résultats négatifs, Bischoff en fit une nouvelle le 8 décembre. Après avoir dénudé avec le plus grand soin la veine jugulaire droite d'une oie, il y plaça un tube. L'extrémité céphalique du vaisseau ayant été liée préalablement, il enleva du sang à la carotide de deux lapins, le défibrina par le battage, et l'éleva à une température de 34° Réaumur. Il ôta alors la ligature placée sur la veine, *et bientôt l'hémorrhagie mit cette oie dans un état de mort apparente.* A ce moment, il poussa par le tube quatre petites seringues du sang

défibriné de lapin : aucun effet avantageux ne s'ensuivit, et l'oie resta morte.

De ces trois séries d'expériences et de celles de Prévost et Dumas et Dieffenbach, Bischoff tire les conclusions suivantes :

1° Du sang frais de mammifère non défibriné, injecté dans les veines d'un oiseau, produit la mort en quelques secondes, en déterminant des phénomènes violents semblables à ceux que l'on observe dans l'empoisonnement.

2° Du sang de mammifère défibriné, injecté à un oiseau, n'y produit aucuns phénomènes semblables aux précédents, et l'animal reste en vie sans trouble fonctionnel.

3° Du sang défibriné ne possède la propriété de rappeler à la vie *des animaux en état de mort apparente,* que lorsqu'il est injecté *à des animaux de même espèce.* Or, comme dans le sang défibriné les globules sont descendus dans le sérum, et que les expériences nombreuses citées jusqu'à ce moment prouvent *que le sérum ne possède pas la propriété de revivifier les animaux lorsqu'on l'injecte seul dans les vaisseaux,* il en résulte que ce sont les *globules* qui possèdent ce principe vivificateur.

4° La propriété qu'a le sang des mammifères de produire la mort dans les oiseaux, ne pouvant provenir d'un obstacle mécanique à la circulation, puisque les globules des premiers sont plus petits que ceux des seconds, et, d'un autre côté, les globules étant le principe vivificateur du sang, il *en résulte que c'est la fibrine qui, par suite de sa sortie des vaisseaux, passant de l'état de dissolution où elle est pendant la vie à l'état de coagulum,* renferme ce principe délétère. Dès lors ce principe n'ayant pas, dans les animaux d'une même classe, d'action directe sur le rétablissement de la vie, et produisant des effets funestes d'une classe à une autre classe, *il sera utile et avantageux de défibriner le sang lorsqu'on voudra faire la transfusion.*

Si les expériences que je viens de rapporter sont exactes, s'il est vrai que des phénomènes semblables à ceux de l'empoisonnement se produisent lorsqu'on injecte du sang d'un animal dans les veines d'un autre n'appartenant pas à la même espèce, et que ces phénomènes ne se montrent pas lorsque le sang a été défibriné par le battage, la conclusion formulée par Bischoff est de la plus haute importance et doit être prise en sérieuse considération.

Mais cette proposition ne soulève-t-elle pas une question qui se présente naturellement à l'esprit : *Est-il bien exact de dire que la fibrine est un élément tonique,* et n'est-ce pas plutôt à la rapidité avec laquelle le sang se coagule chez les mammifères et chez les oiseaux que l'on doit attribuer les accidents observés? En un mot, si l'on parvient à empêcher la coagulation en mêlant au sang une solution alcaline ou par tout autre moyen, la fibrine restant à l'état de dissolution produirait-elle la mort, ainsi que les expériences de Bischoff semblent l'établir? Cette terminaison rapide si fatale *n'est-elle pas le résultat de l'introduction dans les vaisseaux d'un sang moitié liquide, moitié coagulé,* et ne trouve-t-on pas dans les phénomènes qui précèdent la mort quelques traits de ressemblance avec ceux que déterminent les embolies? C'est un point délicat, et sur lequel j'aurai à m'expliquer plus tard, en répétant avec soin les expériences de Bischoff, et en faisant varier les conditions de l'expérimentation.

Je ne suivrai pas cet expérimentateur dans les applications qu'il a faites de la transfusion à des grenouilles et à des poissons : ce serait allonger inutilement cet historique.

Le Mémoire dont je viens de citer les conclusions n'est pas le seul que Bischoff ait publié sur la transfusion; on trouve dans les *Archives* de Muller (1838, p. 351) de nouvelles recherches, qui offrent aussi un grand intérêt.

Après avoir tiré une certaine quantité de sang par la veine crurale d'un chien, il l'a injecté dans la jugulaire d'un coq très fort. L'animal a été pris immédiatement de convulsions, et il a succombé. Prenant alors du *sang artériel* au même chien, il l'a transfusé à une poule, qui a été par suite fort abattue, mais a fini par guérir. Cette dernière a succombé, au contraire, au milieu des convulsions par suite de l'introduction de sang veineux dans ses vaisseaux.

Quelque temps après, il répéta cette expérience sur un autre coq ; le résultat fut le même. Bischoff en conclut :

Que le sang artériel d'un mammifère n'occasionne pas la mort lorsqu'il est introduit dans les veines d'un oiseau, et que le sang veineux seul amène cette terminaison.

Après les expériences de Bischoff viennent, par ordre de date,

celles de Giovanni Polli, publiées dans les *Archives de Médecine* (P. 205, année 1852, n° d'octobre). En voici le résumé.

Il nous suffira de rapporter les conclusions de ce Mémoire :

1° Un animal, *qui a été réduit à l'extrémité* par la perte de sang artériel occasionnée par une plaie faite à une grande artère, *est en peu de temps rappelé à la vie* et rétabli dans ses fonctions par l'injection dans ses veines de ce même sang artériel défibriné (1re et 2e Exp.);

2° Si l'hémorrhagie artérielle a été produite par l'ouverture de plusieurs artères, et a occasionné la mort complète de l'animal, celui-ci n'est pas ravivé par l'injection de son sang artériel défibriné, *par la raison* que le cœur devenu immobile ne permet pas à l'ondée sanguine de passer outre (3e Exp.);

3° Si un animal a été privé d'une grande quantité de sang veineux au point de tomber exsangue sur le sol, et qu'on lui injecte une bonne partie de ce sang défibriné, il est ravivé au point de se mettre sur ses pattes (4e Exp.);

4° Un animal peut recevoir dans ses veines, sans danger ou seulement avec quelques accidents passagers, le sang d'un individu de son espèce *préalablement défibriné,* quoique d'une densité moindre (5e Exp.);

5° Chez un animal, on peut impunément injecter une notable quantité de son propre sang, bien qu'il ait été extrait de son corps depuis vingt-quatre heures; qu'il ait été battu, défibriné, passé à travers une chausse; abandonné à l'air libre dans un vase de cuivre étamé, à la température de 9° centigrades. Agité de nouveau au moment d'être employé, et chauffé au bain-marie jusqu'à 35°, il a pu être introduit avec avantage dans les veines d'un jeune cheval.

Les expériences de Giovanni Polli, faites toujours avec du sang défibriné, viennent à l'appui des conclusions formulées par Bischoff, mais ne présentent rien de nouveau, si ce n'est ce fait plutôt curieux que d'une grande utilité pratique, *que le sang privé de fibrine conserve encore les propriétés vivifiantes vingt-quatre heures après sa sortie des vaisseaux.*

L'étude de la transfusion du sang a peu tenté les jeunes médecins, car j'ai cherché en vain dans les dissertations inaugurales des Facultés de Médecine de Montpellier ou de Strasbourg une seule Thèse sur cette question.

Parmi les Thèses de la Faculté de Paris, j'en ai trouvé cinq qui traitent ce sujet : ce sont celles de M. Carré (1844, n° 214), de M. Achille Perrier (1851, n° 195), de M. Passement (1852, p. 172), de M. Lépine (1856, n° 211); enfin, celle plus récente de M. Nicolas (1860, p. 795). Les quatre premières sont de bonnes monographies de la transfusion du sang, mais qui, à aucun point de vue, ne contiennent de faits nouveaux propres à leurs auteurs.

La Thèse de M. Nicolas, plus complète sous le rapport historique, relate des expériences faites par ce jeune médecin. Il est juste de les mentionner.

La première expérience de M. Nicolas a eu pour but de vérifier si un animal, chez lequel la respiration a cessé de s'exécuter, peut être ranimé par la transfusion.

Déjà Blundell avait fait cette expérience, et nous avons vu précédemment que sur sept expériences, six avaient été infructueuses, une seule avait été couronnée de succès.

M. Nicolas, reprenant cette question, a combiné l'emploi de la transfusion avec l'électricité. Voici, du reste, comment il a procédé :

A un petit lapin, M. Nicolas retira vingt-sept centimètres cubes de sang. A la fin de l'hémorrhagie, qui a duré douze minutes, l'animal a poussé des cris, a fait quelques bâillements, et a eu des mouvements convulsifs. Trois minutes après la fin de l'hémorrhagie, les battements du cœur et les mouvements respiratoires avaient complètement cessé, les pupilles étaient dilatées, l'animal demeurait immobile.

Douze minutes après l'hémorrhagie, il commença à l'électriser avec un appareil d'induction, l'un des pôles étant appliqué à la région épigastrique, l'autre à la région antérieure du cou. Toutes les cinq minutes, le courant était interrompu deux ou trois minutes.

Trente minutes s'étaient écoulées depuis la fin de l'hémorrhagie lorsque la transfusion fut pratiquée. Douze centimètres cubes de sang artériel pris à un autre lapin, et amenés à la température de 7° centigrades, furent injectés par la jugulaire; l'injection dura six minutes. L'électrisation fut continuée pendant cinq minutes; l'animal resta sans mouvement; la mort devint évidente.

Autopsie. — Tous les organes sont décolorés, les vaisseaux et le cœur sont presque vides.

Dans une seconde expérience faite de la même manière, les mêmes résultats furent obtenus.

N'est-on pas en droit de penser, en lisant les particularités de ces deux expériences et les détails fournis par l'examen cadavérique, que ces deux lapins étaient morts depuis longtemps lorsqu'on a commencé l'application des courants et la transfusion?

Quel résultat heureux l'expérimentateur pouvait-il donc attendre, dans ces conditions, de l'emploi de ce double moyen?

M. Nicolas s'arrête ensuite sur un point que j'étudierai moi-même plus tard, et dont on ne saurait se dissimuler l'importance; *je veux parler de la température que doit avoir le sang que l'on emploie pour faire la transfusion.*

Après avoir indiqué les expériences de Hunter, de Scudamore, de Blundell, de Davy, il rapporte ses propres expériences, dont la conclusion peut être ainsi formulée :

Le froid, loin de produire la coagulation du sang, semble au contraire l'empêcher, et lorsqu'on voudra tenter la transfusion, on saura désormais que pour le maintenir liquide, le mieux est de faire refroidir le vase et la seringue (P. 39).

Cette opinion avait été déjà formulée par M. le professeur Malgaigne, dans son *Traité d'anatomie chirurgicale* (Vol. Ier, p. 480, 2e édit.).

Voici, du reste, les expériences sur lesquelles M. Nicolas fait reposer cette opinion :

Sur un gros lapin, l'artère carotide a été ouverte, et on a laissé couler le sang jusqu'à ce que les battements du cœur et les mouvements respiratoires se soient arrêtés. La température était considérablement diminuée, les pupilles étaient dilatées; l'animal avait perdu soixante centimètres cubes de sang.

Six minutes après la fin de l'hémorrhagie, il a injecté dans la veine jugulaire *dix centimètres cubes de sang artériel* pris à un autre lapin, et amenés *à la température de huit degrés centigrades.*

L'injection a duré cinq minutes. Deux minutes après l'opération, quelques mouvements respiratoires lents et faibles, et un léger

frémissement à la région précordiale, se sont manifestés. Au bout de six minutes, l'animal est délié et marche avec peine. La température reste basse, le cœur bat faiblement. Douze minutes après, les battements du cœur sont toujours faibles, mais ils sont précipités. Après trente minutes, ces battements sont bien sensibles, moins précipités, mais plus rapprochés du type normal; enfin, une heure et demie après l'opération, l'animal marche et prend des aliments; les mouvements respiratoires, la circulation, la température, sont dans l'état normal.

Dans une seconde expérience faite sur un lapin, l'animal perdit cinquante-cinq centimètres cubes de sang. M. Nicolas lui injecta *dix centimètres cubes à huit degrés centigrades*. Les phénomènes indiqués dans l'expérience précédente se manifestèrent de nouveau, et deux heures après l'opération les fonctions de la vie s'accomplissaient légèrement. L'animal était assez vif; il prenait des aliments et fuyait lorsqu'on l'approchait.

Dans une troisième expérience, après avoir ôté cinquante centimètres cubes de sang à un lapin, M. Nicolas lui injecta *dix centimètres cubes de sang artériel à neuf degrés centigrades*. Vingt minutes après l'opération, les battements du cœur qui avaient cessé, ainsi que les mouvements respiratoires, étaient dans l'état normal.

Ces trois expériences offrent un grand intérêt; elles démontrent qu'*il est inutile que le sang ait la même température que celle du corps,* pour que la coagulation en soit retardée.

En second lieu, elles font voir que chez trois animaux auxquels *on a enlevé cinquante centimètres cubes de sang,* il a suffi de *dix centimètres cubes seulement pour ramener la vie,* après une heure et demie ou deux heures, ou vingt minutes, quand on a expérimenté avec le sang artériel.

Enfin, M. Nicolas a étudié l'influence du *sang défibriné*.

Il ne rapporte qu'une seule expérience, bien qu'il ait obtenu des résultats heureux sur plusieurs lapins.

Soixante centimètres cubes de sang ayant été enlevés à l'animal, les phénomènes suivants se sont manifestés : Cessation des battements du cœur et des mouvements respiratoires, résolution complète des muscles, pupilles dilatées. Huit minutes après, douze centimètres cubes de sang défibriné par le battage et empruntés

à un autre lapin furent injectés. L'injection dura trois minutes. Le liquide transfusé était à une température de 25° centigrades. L'opération était terminée depuis trois minutes, lorsque les mouvements du cœur et la respiration commencèrent à devenir sensibles.

Au bout de six minutes, la température était toujours basse et les battements du cœur faibles. Pendant deux heures, les battements du cœur restèrent faibles, la température ne s'éleva que lentement, mais l'animal finit par se rétablir.

M. Brown Séquart a communiqué à l'Académie des Sciences, le 19 octobre 1857, des expériences sur le sang veineux et le sang artériel.

Il résulte de ces expériences que le sang rouge augmente les propriétés vitales, mais qu'il est incapable de les mettre en jeu en les stimulant; tandis que le sang noir est un stimulant énergique des centres nerveux et aussi à un moindre degré des nerfs et des tissus contractiles, mais qu'il n'a point, ou du moins qu'il n'a qu'à un très faible degré, le pouvoir de maintenir, et encore moins de régénérer les propriétés vitales.

Dans une deuxième note communiquée le 30 novembre 1857, M. Brown Séquart conclut :

1° Que le sang d'un animal vertébré d'une espèce n'est pas un poison pour des vertébrés, même d'espèces très éloignées;

2° L'action toxique du sang d'un animal injecté dans les vaisseaux d'un individu d'une autre espèce dépend principalement, quand elle existe, de l'acide carbonique en quantité suffisamment considérable. (*Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences,* p. 562 et 924. 1857.)

J'aurai à m'expliquer plus tard sur ces faits.

CONCLUSIONS.

De tout ce qui précède, on est en droit de conclure :

1° Que lorsqu'un animal a été réduit à un état voisin de la mort par suite d'une perte considérable de sang, il peut être ramené immédiatement à la vie par la transfusion (Richard Lower, Denys, Blundell, Bischoff, etc.);

2° Que la quantité de sang nécessaire pour produire ce résultat *est toujours bien inférieure à celle que l'animal a perdu;*

3° Que le sang artériel et le sang veineux possèdent l'un et l'autre la faculté de revivifier l'animal, mais leur action est différente : le premier, le sang rouge, donne aux tissus *la faculté* d'agir, *la puissance;* le second augmente *l'action* et met *en œuvre cette puissance* (Brown Séquart);

4° La transfusion, pour réussir, doit être faite avec du sang appartenant à des animaux de la même classe, mais surtout de la même espèce; car si Blundell a démontré, comme tous les expérimentateurs, que le sang de chien revivifie le chien, il a prouvé aussi que le sang humain ne possède pas cette propriété; car tous les animaux, excepté l'homme, qui en ont reçu dans leurs veines, ont rapidement succombé;

5° Si l'on injecte à un animal d'une classe du sang pris à un animal d'une autre classe (mammifères et oiseaux), il succombe presque immédiatement en présentant des phénomènes qui offrent beaucoup d'analogie avec ceux de l'empoisonnement (Bischoff);

6° Les expériences de Prévost et Dumas, Dieffenbach et Bischoff, apprennent : 1° que le sérum du sang injecté seul dans les vaisseaux ne peut faire revivre un animal sur le point de mourir par l'hémorrhagie; 2° que si l'on *défibrine* le sang d'un oiseau et qu'on l'injecte à un chien, il ne détermine pas d'accidents. Il était dès lors rationnel de conclure que la fibrine agissait en quelque sorte comme un agent toxique.

La conséquence de ce dernier fait est la *nécessité de défibriner le sang pour opérer la transfusion* (Bischoff, Giovanni Polli, Nicolas).

Sans trancher la question d'une manière définitive, les expériences de M. Nicolas semblent démontrer qu'une basse température *retarde la coagulation du sang.* Des expériences nouvelles seront nécessaires pour fixer ce point d'une manière certaine.

DEUXIÈME PARTIE.

HISTOIRE PATHOLOGIQUE DE LA TRANSFUSION DU SANG.

L'histoire physiologique de la transfusion m'a conduit à démontrer que, pratiquée sur les animaux, cette opération avait presque toujours été suivie d'un résultat heureux; elle a prouvé aussi que ce n'est pas seulement sur ces derniers, mais sur l'homme, que Denys Emmeretz, Richard Lower, l'ont employée avec succès. Tous ces faits devaient encourager les médecins à entrer dans la voie qui leur avait été ouverte, et à féconder cette pensé hardie, en imitant l'exemple donné par les chirurgiens du XVII[e] siècle.

Cet exemple a-t-il été suivi? La transfusion du sang a-t-elle été faite sur l'homme, a-t-elle acquis droit de domicile dans la science, et les résultats qu'elle a fournis méritent-ils le jugement sévère que beaucoup, même de nos jours, portent encore contre elle? Ce sont des questions graves, sérieuses, difficiles, et que je vais examiner dans cette seconde partie de mon Mémoire.

Pour arriver à une solution précise, j'ai fait des recherches dans tous les Recueils scientifiques et médicaux, et je me suis efforcé de recueillir tous les faits qui ont été publiés; ces faits sont nombreux.

Je les rapporterai sans les altérer, ainsi que je l'ai déjà dit, ni dans le fond ni dans la forme; c'est la meilleure manière de mettre ceux qui liront ce travail, à même d'établir leur conviction sur des bases irrécusables, et ce sera pour moi le moyen le plus sûr de légitimer les conclusions auxquelles mes recherches m'ont conduit. Si je n'ai pas d'observations personnelles à ajouter à toutes celles que je vais rapporter, c'est que l'occasion de pratiquer la transfusion ne s'est pas encore offerte à moi : qu'elle se présente, et je la saisirai avec empressement.

Afin de mettre de l'ordre et de la clarté dans mon travail, je classerai tous les faits connus en huit groupes :

1[er] Groupe. *Transfusion du sang pratiquée dans les cas de métrorrhagie.*

face était exsangue, les lèvres décolorées, les narines pincées, la vue obscure, l'agitation extrême, la respiration accélérée et entrecoupée de soupirs fréquents ; tout le corps était couvert d'une sueur froide et gluante.

Je fis aussitôt prendre à la malade six onces d'eau-de-vie. Ce moyen releva un peu les forces et rendit le pouls perceptible; on en continua l'usage à de courts intervalles, en y joignant du carbonate d'ammoniaque et du laudanum. On persista dans l'emploi de ce moyen pendant une demi-heure, sans presque aucun avantage : le pouls était tantôt sensible et très accéléré, tantôt tout à fait imperceptible. Voyant que nous ne gagnions rien sous l'influence de ces moyens, je ne vis plus de chance de salut pour la malade que dans la transfusion.

M. Blundell vint avec moi chez cette femme; il fut parfaitement de mon avis. Cependant, elle n'était pas alors plus mal; mais un examen attentif du pouls, l'aspect de la physionomie et la grande quantité de sang qu'elle avait perdu, firent penser à ce médecin que la mort était imminente et qu'il fallait tenter l'opération. On proposa alors au mari, qui non seulement l'accepta, mais offrit de fournir le sang dont on aurait besoin.

M. Blundell se mit alors en devoir de pratiquer cette opération, en découvrant la veine médiane céphalique; mais la malade s'y refusa si obstinément, qu'il fut obligé d'y renoncer, sans cependant avoir aucune espérance de conserver la vie de cette femme par aucun autre moyen. Cependant, je priai M. Blundell de me laisser la seringue, décidé à renouveler les tentatives d'opération dès que la malade *serait à l'article de la mort.* Je confiai la malade aux soins de M. Franks, en lui recommandant de continuer l'usage des stimulants. A deux heures de l'après-midi, c'est à dire plus de six heures après la cessation de l'hémorrhagie, ce médecin me fit dire que la malade perdait rapidement ses forces, et que *probablement je ne la trouverai plus vivante.* Je me hâtai de me rendre, et je la trouvai au plus mal ; on lui avait déjà donné vingt-cinq drachmes d'eau-de-vie, cent soixante gouttes de laudanum, une grande quantité de carbonate d'ammoniaque et trois jaunes d'œufs mêlés à de l'eau-de-vie, du bouillon et du gruau.

Comme nous n'avions pas de temps à perdre, et que les amis de cette femme désiraient que j'essayasse la transfusion, je passai de suite une aiguille mousse sous la veine que M. Blundell avait mise à nu, et j'y fis une ouverture assez grande pour y introduire la canule de la seringue; pendant ce temps, M. Franks la comprima légèrement sur l'aiguille pour ne pas perdre de sang. Aussitôt on ouvrit largement la veine du mari de la malade, et on reçut le sang dans un verre conique; je remplis la seringue à l'instant même, et après avoir pris toutes les précautions ordinaires pour qu'il n'y eût pas d'air, on adapta la canule à l'ouverture

de la veine, et on y passa doucement le sang avec précaution. *Aussitôt qu'il fut injecté, le pouls s'éleva sensiblement, devint plus large,* et l'aspect des lèvres et de la face s'améliora beaucoup. A la suite d'une seconde injection qui fut suivie d'une troisième, ce qui faisait en tout six onces de sang, l'état de la malade était bien meilleur, et elle se sentait si bien, qu'elle s'écria qu'elle était forte comme un bœuf. Pendant une quatrième injection de deux onces de sang, elle dit qu'elle sentait le sang couler dans ses veines; le pouls était beaucoup relevé; il était même assez fort, et la malade se trouvait parfaitement rétablie; on fit encore deux autres injections de deux onces, ce qui porta à quatorze onces la quantité de ce liquide injecté; le pouls continua à acquérir de la force; mais après la septième injection, la malade se plaignit d'une douleur légère au dessus de l'œil gauche. Je m'arrêtai alors, et je fermai l'ouverture de la veine à la manière ordinaire. Le pouls, qui avant l'opération donnait 140 pulsations à peine sensibles par minute, n'en offrait que 104, un quart-d'heure après 98, au bout d'un quart-d'heure 90; il était en général fort plein, un peu mou et irrégulier. Au bout de la première heure après l'opération, la malade s'assit sur son séant, et avec l'aide de la garde, se nettoya et s'habilla même comme à la suite d'un accouchement ordinaire.

Le lendemain de l'opération, vers le soir, on s'aperçut qu'il s'était manifesté une *légère inflammation dans le trajet de la veine.* Dix-huit sangsues furent appliquées en deux fois, et les symptômes inflammatoires disparurent. La sécrétion du lait était très abondante, les seins douloureux, ce qui nécessita un allaitement fréquent. Sept jours après, la malade était guérie. (*Archives de Médecine,* 1re série, t. IX, p. 566. — Ces deux Observations sont extraites de *London Medical and Physical Journal,* mai 1825.)

Ces deux Observations, en démontrant les heureux effets de la tranfusion, permettent de constater trois circonstances que nous verrons se reproduire dans presque tous les cas : 1° l'innocuité du moyen, 2° la rapidité avec laquelle il opère, 3° la différence entre la quantité de sang perdue par suite de l'hémorrhagie et celle qui est nécessaire pour réveiller l'action du cœur prête à s'éteindre. Je me contente de signaler ce dernier fait, car il me conduira plus tard à formuler une conclusion pratique importante.

IIIe OBSERVATION.

Hémorrhagie utérine; transfusion du sang; guérison, par M. Waller.

La femme qui est le sujet de cette Observation gardait le lit depuis

trois semaines, et elle était tellement épuisée par des vomissements et des nausées continues qu'elle n'avait plus la force de se retourner seule dans son lit; elle fut prise des douleurs de l'enfantement vers trois heures du matin. M. Waller s'y rendit vers dix heures. Depuis cinq heures elle éprouvait une violente hémorrhagie, qui ne faisait qu'augmenter; le pouls était à peine sensible au poignet, et la faiblesse générale était extrême; l'enfant présentait l'épaule. M. Waller se hâta de faire la version et de terminer l'accouchement. La faiblesse augmenta si rapidement, que M. Waller dit : Je ne croyais guère à la tentative que j'allais faire. Aidé de M. Doubleday, M. Waller ouvrit la veine du bras et injecta treize grammes de sang pris à un homme robuste. La malade, comme on l'a su d'elle-même, *était si faible, qu'elle ne voyait plus et n'entendait plus,* qu'elle ne pouvait parler et qu'elle ne sentit pas l'instrument qui ouvrit la veine; enfin, qu'elle n'avait pas la moindre idée de ce qu'on lui faisait. Cette première tentative ne parut produire aucun effet; peut-être cependant le pouls était-il plus sensible; mais à dater de ce moment, l'agitation extrême qui existait auparavant cessa complètement. Cinq minutes après, on injecta treize grammes de sang; le pouls devint sensible, mais il était très faible. Au bout de cinq minutes, on introduisit dans la veine une once un quart de sang; il en résulta une grande amélioration du pouls, qui offrit 140 pulsations par minute. La malade, dès ce moment, put répondre à toutes les questions. Une demi-heure après, on injecta encore quinze grammes de sang pris au neveu de M. Waller, jeune homme âgé de quatorze ans et d'une bonne santé; les résultats de cette dernière injection furent encore plus manifestes. L'état général de la malade était considérablement amélioré; le pouls, assez fort, donnait 130 pulsations à la minute. L'aspect général était satisfaisant, la chaleur bonne.

Le même soir, à huit heures, M. Waller trouva la malade mieux. Le septième jour après l'opération, elle put rester levée pendant trente minutes; le douzième, elle entrait en pleine convalescence. (*Archives*, 1re série, t. XII, p. 290; 1826.)

IVe Observation.

Transfusion pratiquée dans un cas de métrorrhagie; mort par suite de l'entrée de l'air dans les veines, par les docteurs Georges Jewel et Bayle (1826).

Une dame était réduite à l'extrémité à la suite d'une métrorrhagie survenue après l'accouchement; le pouls était insensible, les extrémités froides, et tout le corps baigné d'une sueur visqueuse. On avait employé inutilement de fortes doses d'opium, le sel ammoniac, etc., quand on se décida à pratiquer la transfusion; ce qui fut fait par l'intermédiaire de la

veine jugulaire, les veines des membres n'étant nullement apparentes; la seringue contenait trois drachmes environ. Son mari laissa prendre sur lui le sang dont on avait besoin, et qu'on reçut dans le bassin, qui plongeait lui-même dans un vase rempli d'eau chaude. En vingt minutes, on injecta seize fois le contenu de la seringue; et comme il sortait un peu de sang chaque fois qu'on introduisait la seringue, on peut évaluer à quatre onces seulement la quantité qui fut introduite dans la jugulaire.

Pendant l'opération, la malade eut des nausées, et vers la fin elle tournait brusquement le col, et s'agitait chaque fois qu'on renouvelait l'injection; mais peu d'instants après, elle poussa quelques soupirs et mourut.

Pensant que cet accident *était la suite de l'introduction de l'air dans la veine*, le docteur Jewel et le docteur Boyle firent l'auptosie; et après avoir lié les veines caves supérieure et inférieure, ainsi que l'artère pulmonaire, ils enlevèrent ces vaisseaux avec le cœur, et placèrent le tout dans un vase plein d'eau et au dessus d'une cloche remplie du même liquide. Une ponction fut ensuite faite dans le cœur, et aussitôt il se rendit dans la cloche deux grosses bulles d'air, qui, réunies, pouvaient avoir déplacé environ un drachme de liquide. Le cœur contenait d'ailleurs très peu de sang coagulé; l'utérus était vide. (*Archives*, p. 590, 1827, t. XIV, 1re série.)

L'importance de cette Observation ne saurait passer inaperçue, puisqu'elle démontre qu'une des complications les plus redoutables de certaines opérations chirurgicales peut se présenter pendant que l'on pratique la transfusion; je veux parler de l'*introduction de l'air dans les veines*. L'autopsie ayant été faite avec soin, et la présence de ce gaz constatée dans le ventricule droit, il est impossible de douter que ce ne soit là la cause qui a déterminé la mort. C'est donc une objection sérieuse contre la transfusion. On verra comment nous y avons répondu dans la IIIe Partie de ce Mémoire; disons, toutefois, que ce résultat fatal était facile à prévoir, *puisque la jugulaire avait été ouverte dans un point où se manifestait le pouls veineux* et où l'aspiration de la poitrine pouvait largement s'exercer. Est-on en droit d'accuser la transfusion de cet insuccès, et n'est-il pas juste de l'imputer bien plutôt à la manière dont l'opération a été faite? Quoi qu'il en soit, il découle de cette Observation une conclusion pratique, c'est que le *sang ne doit jamais être introduit par la jugulaire*, et que, dans le cas où il serait impossible d'agir autrement, le chirurgien ne

doit ouvrir le vaisseau qu'au niveau du point où le pouls veineux ne se montre plus.

Ve Observation.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par le docteur Klett (1828).

Une femme délicate qui avait eu plusieurs enfants et dont les règles avaient disparu à plusieurs reprises, fut prise tout à coup, le 17 janvier 1828, d'une métrorrhagie qui, modérée au commencement, devint bientôt très abondante. L'hémorrhagie durait depuis dix-huit heures lorsqu'on appela M. le docteur Klett, qui trouva la malade épuisée, pâle, avec les traits de la figure affaissés, le pouls faible et à peine sensible.

La perte de sang avait été abondante; on prescrivit des fomentations avec de l'eau-de-vie sur le bas-ventre; on fit laver les mains et les bras avec du vin chaud; on administra une potion avec du ratanhia, de l'eau de cannelle, de la teinture de cannelle et de l'éther acétique; on fit en même temps des injections astringentes dans l'utérus. L'état de la malade devint de plus en plus alarmant, la faiblesse et l'hémorrhagie augmentaient, tout semblait annoncer une mort prochaine.

Dans cet état désespéré, M. Klett se décida à pratiquer la transfusion, qui fut exécutée avec beaucoup d'habileté par M. Schraegle. Deux onces de sang pris au mari de la malade furent injectés; *l'effet fut surprenant, la malade ouvrit presque instantanément les yeux;* le pouls redevint sensible et se releva, le hoquet diminua et cessa complètement, la figure reprit son aspect naturel et la chaleur parut succéder tout à coup au froid glacé du corps. Bientôt la malade reprit ses forces. Sur la demande : quelle avait été la sensation qu'elle avait éprouvée au moment de la transfusion, elle répondit qu'elle avait senti vivement et distinctement un courant bienfaisant de chaleur vers le cœur, qui lui avait communiqué une nouvelle vie. (*Gazette médicale,* 1834, p. 744.)

VIe Observation.

Autre cas de transfusion suivie de succès, par le Même.

Le 17 février 1828, un mois après le cas précédent, le docteur Klett fut appelé auprès de la femme d'un vigneron, qui depuis dix heures avait une perte abondante. Les signes alarmants mentionnés dans la précédente Observation se montraient déjà, et lorsque arriva le docteur Klett, la malade faisait ses derniers adieux d'une voix faible et entrecoupée; elle ressemblait à une morte. Encouragé par son premier succès, Klett fit injecter par un chirurgien deux onces et demie de sang que fournit le mari.

Le résultat de cette opération me surprit autant que les assistants, qui, jusqu'à ce moment, avaient été incrédules sur l'efficacité de ce moyen. La vie parut se ranimer comme par une commotion électrique. On arrêta la perte par les hémostatiques, et la santé se rétablit bientôt. (*Archives gén. de Médecine*, 2e série, t. VI, p. 117.)

Les deux Observations précédentes sont remarquables, d'abord par le double succès qui vient confirmer l'utilité de la transfusion, mais surtout par la rapidité surprenante avec laquelle la vie a été ramenée.

VIIe Observation.

Transfusion opérée avec succès dans un cas d'hémorrhagie utérine, par le docteur Brown.

A la suite de son dixième accouchement, une dame, qui avait déjà éprouvé plusieurs fois des pertes abondantes, fut prise d'une hémorrhagie externe, violente, qui, en peu de temps, la réduisit à un état désespéré.

En effet, les extrémités étaient froides, la respiration lente et stertoreuse, les paupières fermées, la pupille dilatée et insensible à la lumière, les lèvres tremblantes, et le pouls imperceptible au poignet et même à la carotide. Les excitants les plus énergiques furent mis en usage sans aucun succès, et quelques mouvements convulsifs qui suivirent leur emploi vinrent aggraver cet état si pénible. Enfin, M. Brown, en désespoir de cause, résolut de tenter la transfusion. Il injecta donc treize grammes de sang dans la veine médiane. Cinq minutes après, aucun changement n'étant survenu, il réitéra l'injection avec la même quantité de sang; le pouls alors commença à se faire sentir à l'artère radiale; la respiration parut devenir plus facile, et les pupilles moins dilatées. Au bout de dix minutes, troisième injection de la même quantité, et alors amélioration évidente; pouls régulier, de 120 pulsations par minute, et retour des mouvements de la déglutition. On réitéra enfin l'injection pour la quatrième fois; la malade reprit connaissance, et parut rendue à la vie. Une violente réaction se manifesta, mais n'eut aucune suite fâcheuse, et la personne se rétablit parfaitement. On injecta en tout six onces et demie de sang dans la veine médiane. (*Edimb. Méd. and Surgic. Journ.* Avril 1828.)

VIIIe Observation.

Hémorrhagie utérine pendant la grossesse; transfusion; guérison, par le docteur Savy (1829).

Mme Goudin, âgée de trente-six ans, d'un tempérament sanguin, était au troisième mois de sa cinquième grossesse lorsque, sans cause connue,

elle éprouva, le 19 août 1829, diverses coliques suivies d'une métrorrhagie qui devint de plus en plus inquiétante. Le docteur Savy employa tous les moyens qu'il jugea convenables pour prévenir un danger imminent; mais tout fut inutile, et les symptômes avant-coureurs de la mort commençaient à se montrer : pouls éteint dans presque toutes les parties du corps, excepté à la région précordiale où l'on sent encore un frémissement sourd; respiration presque insensible, froid glacial universel, yeux ternes, lèvres pâles, membres tombant de leur propre poids. Le docteur Savy ne vit d'autre ressource que la transfusion. Pressé par l'urgence et au milieu de la nuit, il *prend une petite seringue ordinaire en étain* qu'il plonge dans l'eau tiède. Une fille robuste s'offre pour fournir le sang. Dès que la mourante a reçu environ quatre onces de liquide, elle reprend ses sens; les défaillances cessent, le mieux se prononce peu à peu, et la santé se rétablit. (*Journal universel des Sciences médicales,* t. LVII, p. 153.)

Il y a dans l'Observation de Savy une particularité que nous verrons bientôt se représenter dans le fait de M. Marmonnier, et qui est bien digne de fixer l'attention : c'est la manière dont l'opération a été faite. Au lieu d'employer une seringue à injection, bien calibrée, comme celle dont se servent les chirurgiens, qui ne permet qu'à de très rares bulles d'air de se mêler aux liquides qu'elle renferme, ce médecin a pris *une seringue en étain qui s'est trouvée sous sa main,* et il a fait avec elle la transfusion sans se préoccuper de tout ce qu'il y avait de défectueux dans son mécanisme, et cependant l'opération a réussi, et la malade a été sauvée.

Comment pouvoir expliquer et justifier, en présence de faits de ce genre, cette opinion si universellement accréditée, que la transfusion est une opération inutile quand elle n'est pas dangereuse, et qui n'a presque toujours donné que des insuccès?

IXe Observation.

Hémorrhagie utérine; transfusion; guérison, par le docteur Goudin (1829).

Mme G., âgée de trente-six ans, était au troisième mois de sa grossesse. Sans cause connue, elle éprouva, le 19 août 1829, à midi, d'assez vives coliques, qui furent suivies d'un écoulement sanguin par la vulve. Cette hémorrhagie, d'abord peu abondante, devint de plus en plus inquiétante vers le soir, au point de donner lieu à des syncopes. (Compresses d'oxy-

crat à la glace sur le bas-ventre, les cuisses et les parties génitales.) Peu de suspension de l'écoulement du sang. (Tamponnement.) La perte était arrêtée; mais au bout d'une heure, le tampon est expulsé pendant les coliques. (Nouveau tamponnement.) Après chaque colique, il s'échappe quelque peu de sang par la partie inférieure de la vulve. Dès lors, défaillance complète; le pouls s'efface, un froid général se répand sur tout le corps; les yeux s'obscurcissent, et la vie semble prête à s'éteindre. Le tampon est enlevé avec précaution. (Ventouses sèches sur les mamelles, linge chaud sur la poitrine et les extrémités, injection d'eau vinaigrée.) La malade ne recouvre que momentanément ses sens. Le pouls s'éteint; on sent encore un frémissement sourd dans la région précordiale. Rien ne change pendant trois heures. M. Goudin imagine de recourir à la transfusion. Il se sert d'une seringue ordinaire de huit onces; il la chauffe au degré de la chaleur du corps; il incise la médiane céphalique, ce qui est senti par la malade. Quelques gouttes de sang noir s'écoulent par l'incision; il reçoit alors dans la seringue du sang chauffé qu'il tire d'une fille robuste, et il en remplit les deux tiers. La canule est adaptée. On s'assure qu'il n'y a pas d'air en faisant sortir un jet de sang. Quatre onces environ sont transfusés doucement. La femme G. reprend ses sens, et dit qu'elle a senti la chaleur le long du bras. Dès ce moment, la malade s'est rétablie. La guérison a été secondée par un traitement approprié à l'hémorrhagie et par du sulfate de quinine contre des paroxysmes fiévreux. (*Journal des Progrès,* 2e série, t. II, p. 236.)

Xe OBSERVATION.

Hémorrhagie utérine; transfusion; mort, par les internes de l'Hôtel-Dieu (1831).

En 1831, les internes de l'Hôtel-Dieu pratiquèrent la transfusion chez une femme qui présentait une insertion vicieuse du placenta; la version fut pratiquée sur-le-champ; mais la malade était tellement épuisée déjà par les pertes qu'elle avait eues avant d'entrer à l'hôpital, que la transfusion ne put prolonger son agonie que de quelques heures. (*Bulletin de Thérapeutique,* t. I, p. 164.)

XIe OBSERVATION.

Hémorrhagie utérine; transfusion pratiquée avec succès par le docteur Schnecmann, de Hanovre; guérison (1833).

Une femme de trente ans, d'une santé florissante, avait eu déjà deux enfants, et à chaque couche une hémorrhagie abondante avant la sortie du placenta. A son troisième accouchement, l'enfant était né depuis deux heures, et le placenta n'ayant pu encore être extrait, il survint une

hémorrhagie violente. Le docteur Schnecmann appelé trouva la malade en défaillance; la respiration et la circulation étaient à peine perceptibles. L'hémorrhagie avait cessé momentanément; il prescrivit du vin mêlé à de la teinture de cannelle; la connaissance revint, et il s'occupa d'extraire le placenta et les caillots contenus dans l'utérus. Aussitôt, cet organe entra en contraction, et l'hémorrhagie ne revint point; elle prit de nouveau du vin, plusieurs grammes de seigle ergoté, un peu de laudanum, et elle se trouva si bien, que le médecin la quitta. Peu de temps après, la femme s'étant retournée dans son lit, l'hémorrhagie revint avec violence; tout indiquait une fin prochaine. Le docteur Schnecmann ne vit de remède que dans la transfusion : il l'opéra *avec une seringue ordinaire* ayant une canule assez longue; le mari fournit du sang; on injecta de sept à huit onces de sang. Trente minutes après, la femme revint; et au bout de trois heures, à l'aide du vin et des autres fortifiants, elle était merveilleusement rétablie; l'hémorrhagie ne revint plus; *une phlébite eut lieu,* mais néanmoins la force et la santé reparurent; la malade ne conserva que de la pâleur. (*Gazette médicale,* année 1833, p. 465.)

XIIe Observation.

Pertes utérines rebelles à tous les moyens; transfusion; guérison, par le docteur Banner, de Liverpool (1833).

Mme H..., âgée de vingt-huit ans, délicate, se maria à dix-neuf ans, eut quatre enfants et vingt-deux avortements. Sa dernière couche eut lieu en septembre 1832. Le 26 avril 1833, elle fut prise d'une perte sanguine par le vagin, qui, après l'évacuation de plusieurs caillots, s'arrêta pour quelque temps; l'hémorrhagie reparut par intervalle jusqu'au 30, où l'on envoya chercher le docteur Banner. La malade affirme avoir rendu, le 27, un caillot accompagné d'un sac membraneux, mais le médecin ne fut pas à même de vérifier cette assertion; le pouls était régulier, la langue nette, la peau chaude, la soif légère, les selles normales sans coliques; l'hémorrhagie fournissait un sang vermeil, peu abondant; la malade avait continué à s'occuper des soins de sa maison, et n'avait rien changé à sa manière de vivre; le mélange suivant fut prescrit de quatre en quatre heures : Magnésie sulfatée; infusé de roses; acide sulfurique dilué, cinq gouttes. Le 1er mai, l'hémorrhagie avait presque entièrement cessé; il y avait eu plusieurs selles. Le 2, la malade se trouva si bien, qu'elle crut pouvoir s'occuper de son ménage. Cet exercice prématuré fit reparaître l'hémorrhagie; il sortit un caillot qui pesait six onces. Par le repos et les lotions froides, l'hémorrhagie se suspendit; le pouls était affaibli. Quand la malade relevait la tête, elle avait des vertiges; la bouche était sèche, la soif était vive; elle se plaignait d'une douleur dans les aisselles

qui descendait le long des cuisses. Le 4, après un peu de mieux, l'hémorrhagie recommença; le sommeil fut agité par des rêves; excitation considérable, pouls fréquent et petit, battements des carotides et des temporales très intenses; les applications froides suspendirent encore l'écoulement du sang; on prescrivit trente-cinq gouttes de laudanum. Le 5, l'opium a produit un peu de sommeil, la métrorrhagie est permanente, mais à un faible degré; la langue est légèrement chargée, le pouls est faible, 80. Vers le soir, il était à 76; on a continué la mixture ci-dessus, en remplaçant le sulfate de magnésie par le nitrate de potasse; on prescrivit un minoratif. Jusqu'au 8, l'hémorrhagie présenta des alternatives d'augmentation et de suspension; on employa l'opium, les lavements froids, les fomentations à la glace. Le 8, l'affaiblissement était considérable et la perte avait augmenté; on prescrivit un scrupule de seigle ergoté et un lavement froid avec l'alun. La troisième dose fut suivie de vomissements; cinq doses furent prises successivement sans effet apparent sur l'utérus. A onze heures du matin, le pouls était à peine perceptible; abattement, stupeur, hoquet, vomissements; la perte est peu abondante, le sang est vermeil; de l'eau à la glace fut injectée avec quelque avantage dans le vagin. Cette dose fut répétée toutes les dix ou quinze minutes; on fit prendre un peu d'eau-de-vie. A une heure après midi, la malade parut s'éteindre rapidement; la perte coulait toujours, quoique peu abondante; on sentait le pouls de loin en loin, la respiration était lente et faible, les yeux à demi-fermés et vitrés, l'urine coulait involontairement; hoquet de temps en temps; le doigt fut introduit dans le vagin, qui contenait un caillot volumineux, le col de l'utérus assez ouvert pour admettre le doigt; une membrane fine sortait de l'intérieur du col utérin; elle fut retirée avec le caillot; l'utérus se contracta légèrement sur le doigt; on injecta de l'eau à la glace, et on introduisit un tampon. Pendant toute cette opération, la malade parut privée de sentiments.

En *désespoir de cause,* on eut recours à la transfusion du sang.

On se servit de l'appareil de Blundell; on fit une incision au pli du bras, et l'on découvrit la veine dans une étendue de 3/4 de pouce environ. L'appareil fut plongé dans l'eau chaude et placé dans une position convenable; on serra une ligature autour du bras du mari de la malade; la veine de celle-ci étant ouverte, on y introduisit un tuyau délié qui y fut maintenu par un aide; ensuite, on ouvrit largement la veine du mari, dont le sang coula à plein jet dans l'appareil. Après avoir chassé tout l'air du jet du corps de pompe, le tube élastique fut adopté au petit tuyau placé dans la veine de la malade. Lorsqu'on eut poussé cinq fois la quantité du sang contenue dans le corps de pompe, la respiration fut si gênée, qu'on fut obligé de s'arrêter. Après un repos de quelques minutes, on fit passer de nouveau deux fois plein le corps de pompe; la respiration

devint encore plus gênée; le pouls devint perceptible et comme en désordre. Le docteur Banner éprouva quelques difficultés à pousser le piston en introduisant les dernières portions du sang; ce qu'il attribue à ce que le sang s'était épaissi pendant qu'on laissait reposer les poumons de la malade. Celle-ci ne donna aucun signe de sentiment; la plaie fut pansée simplement. Après la transfusion, le pouls resta désordonné, quelquefois imperceptible; la respiration était à peine sensible; le corps devint froid et couvert d'une sueur visqueuse; la malade paraissait mourante; elle resta dans cet état jusqu'à trois heures de l'après-midi. Alors, le pouls put être senti au poignet, la respiration devint plus régulière, elle put avaler de petites quantités d'eau-de-vie affaiblie. Si elle en avalait plus d'une petite cuillerée à la fois, elle était prise d'un hoquet qui causait beaucoup d'anxiété; les symptômes prirent un aspect plus favorable jusqu'à onze heures; la malade devint agitée, changeait souvent de place; le pouls était plus rapide et plus fort; elle accusa de la soif, une chaleur douloureuse à la tête; la langue était couverte d'une couleur brunâtre, quoique humide; les phénomènes variaient d'heure en heure; tantôt affaissement, insensibilité; tantôt agitation. On administra des stimulants : le soda de Water, des boissons froides. Depuis sept heures du matin jusqu'à onze heures du soir, la malade prit une demi-pinte d'eau-de-vie par petites doses et une quantité considérable de vin de Porto sans que son pouls en ait été influencé. Le 9, la malade était mieux sous tous les rapports; le pouls était faible, mais plus régulier; la respiration plus normale, la soif et l'agitation moindres. L'eau-de-vie, le soda de Water, la gelée de veau rendue liquide par la chaleur, furent administrés par petites quantités toutes les dix ou quinze minutes; il y avait rétention d'urine, probablement parce que le tampon comprimait le col de la vessie; le cathéter fit écouler une urine de bonne nature. Le 10, un écoulement fétide sort par le vagin, la rétention d'urine continue; pas de selle depuis l'opération; langue sale; pouls du bras opéré, 110, tandis que le pouls de l'autre bras donne 90; légère douleur et engourdissement du premier; la plaie marche vers la cicatrisation. On introduisit de nouveau le cathéter et on retira le tampon, qui était couvert d'une matière fétide; son ablation produisit un grand soulagement; une petite dose d'huile de ricin fut donnée et répétée dans la soirée, et produisit une évacuation. Alors, le pouls avait baissé, l'aspect était meilleur. Cette femme se rétablit peu à peu par l'usage des toniques doux et d'un régime convenable. Ce ne fut que le septième jour de l'opération que les pulsations furent semblables dans les deux bras, la malade ayant offert jusque-là un pouls accéléré. Le quatorzième jour, on put la changer de lit. Le vingt-unième, elle partit pour la campagne. (*The London Medical and Surg. Journ.*, 8 juin 1833. Archives, 2e sér., t. III, p. 128, 1833.)

XIIIe OBSERVATION.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par le docteur Ingleby (1834).

Mme Hill, d'une constitution délicate et d'une très petite stature, mais bien conformée, était mère de trois enfants. Je l'ai, dit M. Ingleby, assistée dans tous ses accouchements. Le premier se passa heureusement. Dans le deuxième, une demi-heure après l'expulsion du placenta, il survint une hémorrhagie que je ne pus arrêter par la compression, et qui réclama l'introduction de la main dans la matrice. Le troisième accouchement commença le jeudi, à dix heures du soir, accompagné de vomissements et de douleurs qui ne laissaient à la malade aucun repos. A deux heures du matin, le jour suivant, je fus mandé auprès d'elle à cause d'une hémorrhagie qui venait de paraître. Je trouvai le col utérin dilaté d'une couronne; les membranes étaient flasques, mais la poche des eaux s'étendait dans le vagin; le sang coulait abondamment. A ce temps du travail, comme la tête était descendue dans le bassin, je rompis immédiatement les membranes, et l'hémorrhagie cessa complètement pendant une demi-heure; elle se renouvela bientôt, mais l'enfant ne tarda pas à être expulsé, et après deux douleurs la délivrance se fit spontanément. Je plaçai ma main au-dessus du pubis, et je découvris l'utérus réduit à ses plus petites dimensions; il se trouvait dans un état de contraction aussi convenable que possible; le pouls était parfaitement naturel, et le bandage fut solidement appliqué. Me rappelant ce qui était arrivé après la dernière délivrance, je restai dans l'appartement, et je ne permis à la malade aucun mouvement. Après dix ou quinze minutes, elle m'avertit qu'elle s'évanouissait; le pouls pouvait à peine être distingué, et l'utérus, mou et distendu par le sang, occupait une grande partie de l'abdomen. J'eus recours aux frictions et aux pressions; je vidai la matrice du sang qu'elle contenait et j'employai des affusions froides sur le bas-ventre, d'après la méthode recommandée par Goach et Chapman. L'utérus fut souvent vidé du sang qu'il renfermait, mais il se dilatait, et cet état était accompagné d'une grande faiblesse; le pouls était à peine senti, la sueur était froide. J'introduisis la main gauche dans la cavité utérine et je la portai jusqu'à son fond, et avec la main droite j'exerçai des pressions sur cette partie. Un domestique durant ce temps faisait des affusions froides. Je dois noter ici que ces moyens ne furent pas sans succès; la malade criait continuellement de l'eau, de l'eau. Cette eau en tombant frappait le bas-ventre et paraissait la soulager. Je lui donnai une petite quantité d'eau-de-vie, mais l'action du cœur ne fut point ramenée. Mon ami, le docteur Knids, vint m'aider et apporta du seigle ergoté.

Avant son arrivée, la malade avait perdu la faculté d'avaler et était tombée dans un état complet d'insensibilité. Ayant arrêté l'hémorrhagie, et étant parvenu à ramener l'utérus à son volume ordinaire, malgré la mollesse de ses parois, je retirai la main après l'y avoir maintenue au-delà d'une heure un quart sans l'avoir sortie une seule fois. J'eus l'occasion, pendant ce temps, d'apprécier les effets alternatifs de la contraction et de la dilatation. Chaque fois que je pensais que ma main pouvait être retirée, la dilatation et la flaccidité des parois revenaient. Cet état arriva plusieurs fois; l'affaiblissement augmenta toujours, le pouls devint de plus en plus imperceptible; des briques chaudes furent appliquées sur les pieds, une vessie pleine d'eau chaude fut maintenue sur la région cardiaque, et le bandage fut étroitement assujetti à huit heures. Quatre heures après la délivrance, une cuillerée à thé de laudanum fut portée avec difficulté jusque dans la gorge. La malade était depuis une demi-heure dans un état complet de jactitation et dans une sueur abondante; ses traits étaient tirés, la respiration était difficile et bruyante par le passage de l'air à travers les mucosités contenues dans les bronches; le laudanum parvint à calmer l'agitation, mais il n'eut pas d'autre résultat favorable; le pouls était plus rapide et plus imperceptible qu'auparavant.

Ce cas me parut offrir l'indication de la transfusion. Six heures s'étaient écoulées depuis la délivrance sans qu'il y eut aucun signe de réaction. La patiente était froide, le pouls était insensible, et sa position paraissait périlleuse. Le docteur Wood fut consulté : il approuva l'opération, à laquelle je procédai sur-le-champ. La seringue, qui pouvait contenir quatre onces de liquide, fut remplie de sang veineux tiré du bras du mari, et après en avoir chassé deux drachmes avec l'eau contenue dans le tube, j'injectai le reste dans la veine médiane du bras droit qu'on avait préalablement ouverte. Cette injection fut faite lentement et d'une manière régulière; la malade ne ressentit rien de cette opération, mais le docteur Wood remarqua qu'en moins de cinq minutes le pouls du côté opposé était plus dinstinct qu'avant l'opération. Au bout de trente minutes, la malade reprit le sentiment; après une heure, il y avait une amélioration générale; le pouls du bras droit restait toujours imperceptible; du bouillon de bœuf fut pris en petite quantité. Neuf heures après midi, dans la journée du vendredi, le pouls n'avait pas encore était senti au bras droit, mais au bras gauche il battait 140 fois; le bras était tendu et enflé, et la soif était vive; dans la journée du samedi, le pouls se distinguait faiblement dans le bras droit; dans le bras gauche, il avait acquis de la force et battait 130 fois. Neuf heures après midi, on n'observait aucune différence entre l'un et l'autre bras; il battait des deux côtés 130 fois. L'abdomen était volumineux, rempli de gaz et douloureux; des

fomentations furent faites, et on administra un lavement purgatif de camomille et de savon. Huit heures avant midi, le dimanche, le pouls s'élevait à 120 pulsations; les seins étaient flasques; depuis cette époque, l'amélioration a été progressive et ne s'est pas démentie. (*Arch. de médecine,* 2e série, t. IV, p. 339. 1834.)

XIVe Observation.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par le docteur Berg (1835).

S..., âgée de trente-neuf ans, grande et maigre, de tempérament sanguin, a eu, lors de son premier accouchement (10 octobre 1833), une forte hémorrhagie par suite de l'adhérence du placenta. Le 25 avril 1835, elle accoucha de son neuvième enfant; quoique cette fois-ci le placenta sortit spontanément, l'accouchement s'accompagna d'une forte hémorrhagie qui céda bientôt aux moyens convenablement employés. Le 29, la malade, contre la volonté des médecins, se leva tous les jours un peu; mais comme elle eut chaque fois une légère hémorrhagie, elle resta du 2 au 11 mai complètement au lit. Le 11 mai, elle eut vers midi une forte hémorrhagie; au-dessus du pubis, on pouvait encore sentir la matrice; le ventre était mou, non tuméfié, tout à fait insensible; la femme était gaie, son pouls subfréquent, mou, mais pas faible. On lui prescrivit : Décoction de racines de tormentille, infusion d'herbes de sabine, acide phosphorique délayé, sirop de cannelle, à prendre par cuillerées toutes les deux heures, puis cinq paquets de seigle ergoté toutes les heures. Quoique l'hémorrhagie eut diminué, mais non cessé, on eut recours, en outre, à deux heures, à des injections d'une décoction d'herbe de sabine avec de l'alun; à cinq heures, l'hémorrhagie avait continué, la faiblesse était grande; la malade ne parlait que lentement et avec effort; elle était tout à fait pâle, figure grippée, respiration laborieuse; quelques vomissements; pupilles dilatées, pouls fréquent et petit, pas encore de défaillance. Outre les médicaments qui furent continués, on donna de temps en temps de l'éther acétique avec la teinture de cannelle. On continua ainsi jusqu'à huit heures du soir; alors l'hémorrhagie cessa presque complètement *pendant demi-heure,* mais l'état de la malade devint de plus en plus inquiétant; il survint des défaillances, des hoquets continuels, les extrémités étaient froides, la respiration très difficile, saccadée, le pouls à peine sensible. La mort paraissait imminente à chaque moment. *La transfusion fut entreprise:* on injecta lentement et avec beaucoup de précaution, pour empêcher l'entrée de l'air, *deux onces et demie de sang pris sur un homme sain.* L'effet ne fut pas aussi surprenant que sur les deux malades

du docteur Klett : la malade resta encore quelques moments sans mouvements, mais bientôt on remarqua que la respiration devenait plus libre et moins saccadée; le pouls devint sensible et les hoquets cessèrent.

Au bout de huit minutes, la malade ouvrit les yeux et parla; elle n'avait rien ressenti de l'opération. L'hémorrhagie n'est plus revenue, et au bout de quatre semaines, pendant lesquelles on donna à la malade des médicaments fortifiants convenables, elle fut complètement rétablie. (*Gazette médicale*, p. 381. 1838.

XV[e] Observation.

Accouchement accompagné de circonstances remarquables; présentation du placenta; métrorrhagie; mort, par le docteur Jackson (1836).

Une femme de trente ans, délicate, née de parents phthisiques, entre, le 3 décembre 1836, à l'hôpital du Guy pour accoucher de son neuvième enfant. Elle déclare que cette grossesse ne ressemble nullement aux autres; elle se plaint de malaise à la matrice et tousse habituellement.

Le 18 du même mois, se levant de son lit, elle est saisie d'une toux très vive qui est suivie d'une perte utérine d'une demi-pinte de sang; son visage et son corps deviennent de suite exsangues; pouls, 100, irritable; dyspnée, anxiété, constipation; on prescrit la potion suivante: Acide sulfurique dilué, sulfate de magnésie, infusion de roses, boissons froides, peu de couvertures sur le lit, position horizontale, bassin élevé, repos.

Le soir, amélioration; pouls, 82; cessation de l'hémorrhagie. La malade se plaint de douleurs dans les membres (pilules d'opium); on continue le même traitement pendant plusieurs jours; la faiblesse disparaît.

Le 14 janvier, la malade fait appeler M. Jackson; hémorrhagie abondante par la vulve, occasionnée, suivant elle, par une émotion morale (même traitement, auquel on ajoute l'application de compresses vinaigrées à l'hypogastre). L'hémorrhagie est supprimée; des douleurs utérines se déclarent et ramènent l'hémorrhagie; pouls petit; abattement général; les douleurs reviennent de vingt minutes en vingt minutes, et s'accompagnent de l'issue de gros caillots de sang; écoulement des eaux de l'amnios; le toucher permet de constater qu'une petite portion du placenta est sortie à travers l'ouverture du col. Museau de tanche dilatable; on sent la tête de l'enfant à travers le placenta; on prescrit vingt-cinq grammes de teinture d'opium et le repos. Deux jours après, dyspnée, abattement général, pouls petit (eau-de-vie dans de l'eau, par cuillerées). M. Lever est appelé et pratique sur-le-champ la version, et délivre la femme en présence de M. Arswhell. Hémorrhagie consécutive :

bandage abdominal fort serré; pâleur, syncope. A trois heures de l'après-midi, M. Twedie pratique la transfusion sur la malade se servant du sang de M. Lever; il *injecte sept onces dans la veine* médiane basilique; le pouls se relève à l'instant et la femme semble revivre comme par miracle; elle ouvre les yeux et parle; une heure après, cependant, elle retombe dans le même état d'anéantissement. M. Arswhell pratique une deuxième transfusion, se servant du sang du mari de la femme; la vie se relève un instant, puis la malade s'affaisse et expire une heure après. (*Gazette médicale*, 1837, p. 460.)

L'auteur saisit cette occasion pour révoquer en doute l'utilité de la transfusion dans les cas où elle a semblé réussir; il pense que ces malades auraient pu vivre sans cette opération. « Lorsque » le cerveau est réellement affaissé, comme dans le cas précédent, » la transfusion n'a pas d'action durable sur lui. »

Le récit des trois dernières expériences est la meilleure réponse à faire à cette réflexion du docteur Jackson : « Si la transfusion avait été pratiquée *dès le début de l'hémorrhagie, et avant tout autre moyen,* on serait peut-être en droit de penser que les stimulants, les hémostatiques, la compression, auraient suffi pour triompher des accidents. » Mais chez les deux malades de Banner, de Liverpool et d'Ingleby, l'hémorrhagie s'était manifestée à plusieurs reprises, et par pertes plus ou moins abondantes, qui avaient déterminé un affaiblissement progressif. La malade du docteur Ingleby semblait mieux prédisposée à cet accident, car dans ses couches précédentes elle avait été sujette à des métrorrhagies. Or, tous les moyens avaient été mis en usage, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, et ce n'est que lorsque leur inefficacité a été suffisamment démontrée et que la mort était imminente, qu'on a songé à la transfusion comme à une ressource extrême. Donc, cette appréciation ne paraît pas plus fondée que celle qu'exprime le même observateur, lorsqu'il dit : « Si le cerveau est réellement affaissé, comme dans le cas précédent, la transfusion n'a pas d'action durable sur lui. »

Est-il bien sûr que ce soit l'affaissement du cerveau qui détermine la mort à la suite d'une hémorrhagie, et n'est-il pas plus rationnel de penser, d'après l'examen attentif des faits, qu'elle est due surtout au défaut d'action du cœur et de tonicité de cet organe?

XVIe Observation.

Hémorrhagie utérine à la suite d'un accouchement naturel; transfusion; guérison, par le docteur Richard Olivier (1841).

Une femme de quarante-trois ans eut une hémorrhagie utérine à la suite d'un accouchement naturel, accompagnée de syncope et suivie de coma. Après avoir administré de fortes doses de rhum, d'ammoniaque et d'opium, on pratiqua la transfusion : douze onces de sang furent introduites sans amener de changement appréciable; huit onces furent de nouveau injectées; l'amélioration se montra peu à peu; à la fin de l'injection, le rétablissement était complet. (*Revue médicale,* 1841.)

XVIIe Observation.

Métrorrhagie; transfusion; mort sept jours après la transfusion, par le professeur May (1841)

Le docteur May, médecin anglais, rapporte un cas de transfusion pratiquée pour remédier à une hémorrhagie survenue à la suite de l'accouchement, et entretenue par le séjour dans l'utérus d'une partie du placenta. Il transfusa vingt-quatre onces et demie de sang; l'état de la malade s'améliora, le reste du placenta fut expulsé, et l'hémorrhagie ne reparut plus. Mais des symptômes de phlébite utérine se manifestèrent, et la malade mourut sept jours après la transfusion. L'autopsie ne put être faite. (*Revue médicale,* 1841, t. I, p. 294.)

Il est regrettable que cette Observation ne soit pas plus détaillée, et surtout que l'autopsie n'ait pu être faite; mais il me semble impossible d'attribuer la mort à la transfusion. En effet, l'*hémorrhagie fut arrêtée,* la mort empêchée, et l'état de la malade amélioré par l'introduction d'un sang étranger dans les veines. Si cette femme a succombé, c'est à la suite d'une phlébite utérine; or, cette terminaison fatale vient trop souvent compliquer les couches, pour qu'on soit autorisé à trouver ici une relation de cause à effet entre elle et la transfusion.

XVIIIe Observation.

Hémorrhagie utérine post puerpérale; transfusion du sang; succès primitif, mort le vingt-unième jour par suite de métropéritonite, par le professeur Nélaton (1850).

Dans la séance du 18 décembre 1850 de la Société de Chirurgie, le professeur Nélaton a communiqué l'Observation suivante :

Une jeune femme de vingt ans, arrivée au terme de l'accouchement,

se présente à l'hôpital Saint-Louis pour y faire ses couches; elle avait été fatiguée par des hémorrhagies tenant à l'insertion du placenta sur le col. Les internes, sous la direction desquels elle avait été placée pendant une partie de la journée, avaient fait tout ce qu'il y avait à faire. Le seigle ergoté avait été donné, et M. Lescun avait tenté de faire la version. L'hémorrhagie avait surtout été très abondante de trois heures de l'après-midi à neuf heures du soir. A cette heure, la malade fut considérée comme morte par la sœur et les infirmières. Le directeur fut alors prévenu, et M. Nélaton fut demandé; il arriva à onze heures du soir, et trouva la malade dans l'état suivant : elle est inanimée, la peau est froide; le pouls, à peine perceptible, offrait des vibrations intermittentes. La version est immédiatement pratiquée par M. Nélaton; il va à la recherche des pieds, termine l'accouchement, décolle le placenta, et excite les contractions utérines à l'aide de la main placée dans la cavité de la matrice. L'hémorrhagie cesse, mais la chaleur ne revient pas; le pouls persiste dans le même état, ainsi que la pâleur, malgré le vin de Bordeaux, le vin de Bagnols, les bouillons et tous les moyens externes qui avaient été mis en usage pour ramener les forces de la malade. Après une heure et demie de l'emploi inutile de ces moyens, M. Nélaton pratiqua la transfusion de la manière suivante :

La médiane céphalique fut mise à nu, un fil passé sous elle à l'aide d'un stylet. Cette veine fut incisée obliquement, de manière à avoir un petit lambeau qu'on pouvait relever avec facilité. L'extrémité d'une seringue à hydrocèle fut reçue dans l'intérieur de la veine; le corps de cet instrument, ainsi que la palette qui devait recevoir le sang, furent maintenus à 35° centigrades. M. Dufour, interne des hôpitaux, fournit le sang qui devait être transfusé. Dans une première injection faite lentement, on fit pénétrer les deux tiers environ du sang contenu dans la seringue; dans une deuxième injection faite de la même manière, on en fit pénétrer environ la moitié. Le cœur, après cette transfusion, ne présentait aucun bruit de souffle; le pouls était un peu relevé; l'angoisse précordiale avait cessé, ainsi que l'étouffement; la soif était alors grande. Le vin, le bouillon, furent continués avec des boissons abondantes.

Le lendemain au matin, la malade se plaint de fatigue; la chaleur est revenue, le pouls est développé, la respiration est bonne.

Le deuxième jour de l'opération, il survint de la réaction et de la tension des mamelles. Le cinquième jour, le pouls est à 104; la malade est assez bien, mais dans la journée il survient un frisson qui fait craindre pour ses jours; la veine n'est pas enflammée.

L'amélioration persista pendant plusieurs jours, et tout promettait une terminaison heureuse; car l'écoulement des lochies, malgré l'anémie de la malade, s'était manifesté, et la fièvre de lait s'était établie d'une

manière normale, *lorsque quelques douleurs abdominales parurent le septième jour.* La malade finit par succomber le vingt-unième à une métropéritonite puerpérale.

Les réflexions que j'ai faites à propos du fait publié par le docteur May trouvent leur application dans celle de M. le professeur Nélaton. Dans le premier cas, la malade a succombé le septième jour à une *phlébite utérine;* dans le deuxième, le vingt-unième jour, à une *métropéritonite.* Ces états maladifs se montrent trop souvent à la suite des couches, alors que la transfusion n'a pas été pratiquée, pour qu'on puisse l'accuser de les avoir déterminés. On peut donc considérer cette dernière Observation *comme un succès,* compromis par une de ces complications qui tendent, de nos jours, à devenir de plus en plus fréquentes. On ne saurait se dissimuler également l'importance que donne à cette Observation le nom du chirurgien qui l'a pratiquée.

XIXe Observation.

Métrorrhagie; transfusion; simplicité de l'appareil employé pour l'opérer; guérison, par le docteur Marmonnier (1851).

Le 3 janvier 1851, M. Marmonnier fut appelé auprès d'une femme de trente ans, lymphatique et affaiblie par des grossesses successives.

L'expulsion du fœtus n'ayant pu avoir lieu à cause d'une anté-version très prononcée de la matrice, M. Marmonnier fit la version par les pieds; une perte plus considérable que de coutume se manifesta, et obligea le chirurgien à extraire rapidement le placenta et à exciter les contractions de la matrice qui se trouvait dans l'inertie. Cette manœuvre réussit, et la perte s'arrêta; trois quarts d'heure après, la perte reparut très forte et fut terminée par un évanouissement; elle reparut une deuxième fois, et l'évanouissement se prolongea beaucoup.

M. Marmonnier, appelé de nouveau, fit des applications astringentes et réfrigérentes, donna une infusion concentrée de seigle ergoté, une potion cordiale, des lotions sèches sur la peau, etc., etc. Rien n'améliora la position de cette malade; tout semblait désespéré, lorsque M. Marmonnier, se souvenant de l'observation de M. Nélaton, songea à faire la transfusion. *Il se servit pour cela d'une seringue d'enfant,* pouvant contenir soixante-dix grammes de sang, et mit la veine basilique à découvert, pratiqua une incision de trois centimètres, passa au-dessous de la veine un fil, à l'aide duquel il put la soulever, et reçut le sang d'une fille, dans un vase contenant de l'eau chaude. Pour conserver au

sang sa chaleur ordinaire, il plaça la canule de la seringue dans l'ouverture de la veine et poussa lentement le sang; bientôt le piston de la seringue s'arrêta et le chirurgien s'arrêta aussitôt; il recommença l'opération, en ayant le soin d'envelopper la seringue de linge imbibé d'eau chaude, et cette fois tout le sang contenu dans l'instrument pénétra dans la veine. Quatre-vingt-dix grammes furent ainsi introduits; aucun accident, aucune douleur ne survinrent.

Immédiatement après la transfusion, la respiration devint plus régulière, le pouls plus fort; la syncope cessa, le traitement déjà indiqué fut continué; deux heures après l'opération, l'amélioration survint, la malade s'endormit, et à partir de ce moment la convalescence fut rapide. Après vingt jours, la malade était guérie; après trente, elle reprenait ses occupations.

Voilà simplement obtenu et simplement raconté, disent MM. Dechambre et Diday, un beau et légitime succès; mais il y a plus que des éloges à donner à l'auteur pour la ferme et prudente décision dont il a fait preuve en cette circonstance. Sa conduite aura surtout le grand avantage d'inspirer aux praticiens une confiance dont ils manquaient. Dans l'opinion publique, la tranfusion du sang, pour réussir, pour n'être pas dangereuse, nécessitait une dextérité toute spéciale, un appareil instrumental compliqué, des aides instruits. Eh bien! en la voyant exécuter heureusement à la campagne, par un médecin dont c'est le premier titre à l'illustration, sans autre instrument que ceux de sa trousse, sans autre auxiliaire que des villageois inexpérimentés, les praticiens, je n'en doute pas, reprendront courage, et M. Marmonnier aura mieux mérité de la science qu'il ne l'espérait peut-être lui-même, par l'exemple à la fois plein de hardiesse et de circonspection qu'il lui a été donné de fournir. (*Gazette médicale*, p. 427, année 1851.)

Je n'ajouterai rien à ces remarquables paroles, qui me paraissent une juste récompense accordée à l'éminent praticien, si ce n'est que son exemple a été peu suivi jusqu'à ce jour, tant il est difficile de déraciner un préjugé ou une idée préconcue.

XXe Observation.

Métrorrhagie; suite d'avortement; anémie extrême; mort imminente; transfusion du sang; guérison, par MM. Devay et Desgranges, de Lyon (1851).

Le 25 octobre 1851, on porta dans le service de M. Devay la nommée

Marie Guene, âgée de 27 ans, exerçant à Lyon la profession d'ouvrière en fausse bijouterie.

Cette fille, d'une complexion assez forte, est étendue sur son lit, sans mouvement, les paupières immobiles, les yeux éteints, les traits abattus et la face d'une pâleur extrême. « Voici une hémorrhagie grave; » telle fut la première parole de M. Devay en voyant la malade. On apprit bientôt que cette femme, à la suite d'un accouchement prématuré, avait eu les jours précédents une hémorrhagie si abondante, qu'au dire des personnes qui l'accompagnaient elle avait perdu tout son sang.

Cette malade présentait à ce moment des symptômes qui ne pouvaient laisser de doute sur l'existence de l'hémorrhagie. M. Devay prescrivit alors une potion avec l'ergotine Bonjean, un gramme, et sirop de ratanhia, trente grammes.

Le lendemain, aucune amélioration ne s'était manifestée. M. Devay pensa que la transfusion était nécessaire; elle fut pratiquée par M. Desgranges, chirurgien en chef, en présence de MM. Darne, Caudy, Bourlet, médecins de l'hospice, et de MM. Morel et Berne, internes.

M. Desgranges se servit de la seringue à hydrocèle.

La veine médiane basilique ayant été isolée, fut ouverte, et le sang fourni par M. Lardet, interne du service, fut injecté à la dose de cent quatre-vingt grammes; la seringue, chauffée préalablement, avait été entourée de compresses trempées dans de l'eau bouillante.

Le pouls, qui avant l'injection marquait 130 pulsations, s'éleva à 138 vers la fin de l'expérience. Bientôt l'artère offrit des battements résistants; les ventricules offrent des contractions régulières, leur puissance avait doublé; le bruit de diable qui existait aux carotides disparut; les yeux de la malade s'ouvrirent, et elle parut faire attention à ceux qui l'entouraient; en un mot, l'ensemble des phénomènes nouveaux indiqua qu'une modification profonde avait été imprimée subitement à l'économie tout entière.

L'excitation générale qui s'était manifestée après la transfusion alla en croissant. Dans le reste de la journée, et dans la nuit du 26 au 27, il y eut même un peu de délire.

Après une série d'alternatives de mieux et de plus mal, la malade a repris ses forces, et le 29 novembre elle quitta l'hôpital complètement guérie.

Les préparations toniques, ferrugineuses et astringentes furent administrées depuis le moment de la transfusion. (*Gazette médicale,* 1852, p. 4 et 34.)

L'Observation est suivie de réflexions auxquelles je n'ai rien à ajouter, et qui peuvent se résumer ainsi :

1° La transfusion, comme agent héroïque, doit avoir une place dans la médecine pratique;

2° Elle doit être réservée aux cas extrêmes, dans l'unique but de soutenir la vie;

3° La quantité de sang transfusé doit être toujours très faible;

4° Le sang pur doit être seul employé;

5° Le manuel opératoire ne réclame point d'instruments particuliers;

6° Dans ces conditions, elle est physiologique.

XXI° Observation.

Anémie profonde causée par des hémorrhagies utérines répétées; transfusion; guérison, par le docteur Bellasies-Malfen (1851).

Appelé auprès d'une femme de trente-huit ans, enceinte de son deuxième enfant, et parvenue au quatrième mois de sa grossesse, qui depuis la veille avait été prise d'une hémorrhagie utérine inquiétante, le docteur Bellasies-Malfen pratiqua d'abord le tamponnement. Ne réussissant pas, il administra le seigle ergoté, qui détermina des douleurs très vives et amena l'expulsion d'un fœtus de deux mois. L'hémorrhagie continua cependant assez abondante. La malade était extrêmement faible, sans pouls, presque imperceptible, vomissant tout ce qu'elle prenait, et dans un état voisin de la syncope. Près de sept jours s'étaient écoulés depuis l'avortement. M. Malfen n'hésita pas : une saignée de quatre onces fut pratiquée à une servante robuste; le sang fut reçu dans une seringue d'étain chauffée à la température de 44° centigrades, et injecté avec une grande précaution dans les veines du bras gauche. *A mesure que l'injection marchait, la connaissance revenait un peu,* et le pouls paraissait légèrement perceptible à l'autre bras; mais demi-heure après, le pouls avait disparu de nouveau, et la connaissance était de nouveau perdue. Nouvelle injection de trois onces de sang dans les veines du bras droit. Même effet que la première fois. Troisième injection de trois onces de sang une heure après. Cette fois, les bons effets furent plus durables : le pouls s'éleva graduellement, à mesure que le sang pénétrait dans les veines; la face se colora, et la malade demanda si on la saignait. Dans la soirée, il y eut de la soif, de l'insomnie, avec des vomissements fréquents. Mais le pouls, quoique excessivement fréquent, était sensible au poignet; le pouls, qui était encore à 150, tomba le quatrième et le cinquième jour, à mesure que la malade prenait des aliments. Des ecchymoses s'étaient formées autour des plaies faites aux

veines du bras; on fit des applications d'eau tiède; néanmoins, il survint au bras droit un commencement de phlegmon qui n'arriva pas jusqu'à la suppuration. Au cinquième et sixième jour, elle put être considérée comme hors de danger, et le rétablissement n'a souffert aucune difficulté. (*Bulletin de thérapeutique*, t. XL, p. 428. 1851.)

XXII[e] Observation.

Transfusion du sang faite avec succès pour une hémorrhagie survenue pendant l'accouchement par suite d'un renversement de l'utérus, par le professeur Soden (1852).

Une dame, en travail de son troisième enfant, accoucha rapidement. Les dernières douleurs furent si violentes, que l'utérus expulsa presque subitement son contenu et se renversa. Un flot de sang s'échappa, et la malade tomba en faiblesse; on détacha le placenta, puis on remédia au renversement, et aucune hémorrhagie ne se fit de nouveau. Mais au bout d'un quart d'heure, l'accouchée restait faible, pâle, sans connaissance, exsangue en apparence, avec une respiration stertoreuse, saccadée, et ne revenant plus qu'à de longs intervalles. Elle ne pouvait qu'avec peine avaler quelques stimulants. Tous les autres moyens furent mis en usage pour la tirer de cet état. Une heure s'étant écoulée, tout semblait aller de mal en pis; la déglutition était impossible, et la respiration devenait de plus en plus rare. On jugea alors qu'il fallait recourir à la transfusion.

On ouvrit la veine céphalique, et du sang pris au mari de la malade au moyen d'une seringue ordinaire en maillechort, préalablement bien chauffé, fut injecté. D'abord, le liquide ne passait pas et revenait par l'ouverture de la veine; mais peu à peu la résistance de ses parois céda, et le sang, quoique poussé avec ménagement et douceur, put pénétrer dans le vaisseau.

L'effet fut instantané; une convulsion envahit le corps tout entier, et les muscles de la face furent violemment tordus. On n'injecta pas plus d'une once de sang; la convulsion se dissipa promptement, la patiente se rétablit peu à peu, mais il se passa une heure avant qu'on sentit son pouls au poignet; elle ne recouvra connaissance que le matin du jour suivant. Pendant ce temps, on continua à lui administrer des stimulants; elle demeura quelque temps encore plus faible; mais depuis lors, elle a eu un autre enfant, et se porte maintenant très bien. (*Gazette médicale*, 1852, p. 674. Extrait de la *Presse médicale de Dublin* pendant les mois d'avril, mai et juin.)

Outre le succès obtenu dans cette circonstance, l'Observation du docteur Soden offre une particularité remarquable : *c'est la petite*

quantité de sang qui a été nécessaire pour produire la guérison. La malade ne reçut, en effet, qu'une once de sang étranger.

XXIIIe Observation.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par le docteur Brigham (1852).

Une dame de vingt ans était extrêmement épuisée par une abondante perte utérine survenue à la suite d'un accouchement; elle ne parlait plus depuis six heures, lorsque le docteur Brigham lui injecta, dans une veine du bras, deux onces de sang. Puis de dix minutes en dix minutes; dix ou douze onces en tout. Après la seconde dose, le pouls se releva, et la face se ranima. Cette malade revint à la vie, comme par miracle, à la suite de l'injection; la parole lui revint, et, quelques heures après l'opération, elle fut prise d'un sommeil profond pendant plusieurs heures, à la suite duquel elle se réveilla en bon état, et marcha depuis rapidement vers un rétablissement complet. (*Archives,* 1852, p. 336.)

XXIVe Observation.

Hémorrhagie utérine traitée avec succès par la transfusion du sang, par le docteur Wheateroft (1857).

Mme W..., quarante ans, mère de plusieurs enfants, avait eu à plusieurs de ses couches des hémorrhagies sérieuses. Lorsque je la vis pour la première fois avant son dernier accouchement, elle avait la peau décolorée, les membres grêles, la chair molle; il y avait chez elle une grande faiblesse générale. Le travail commença le 16 septembre 1857; je trouvai les membranes rompues, les douleurs répétées et modérément fortes; la présentation était naturelle. Une heure après mon arrivée, l'accouchement se fit, suivi bientôt de la délivrance. L'utérus se contractait bien, il ne s'écoulait à peine que quelques gouttes de sang. J'appliquai un bandage autour du ventre. Je quittai la chambre à coucher de la malade; et après m'être absenté une dizaine de minutes, je revenais auprès d'elle, quand j'entendis de l'escalier un bruit semblable à celui que fait de l'eau qui coule, et je me précipitai dans la chambre de l'accouchée. *Mon pied glissa dans une mare de sang qui s'étendait au moins à quatre pieds du lit;* les draps étaient complètement traversés par le sang, et la malade était dans un état vraiment alarmant. La figure était aussi pâle que celle d'un cadavre, les yeux ternes et vitreux, les bras pendants hors du lit, le pouls extrêmement petit et presque imperceptible; le bandage abdominal était tombé; le globe utérin rond, solide, que l'on pouvait facilement distinguer à travers les parois du ventre, aussitôt après l'accouchement, était alors remplacé par une distension considérable de

la matrice. Que l'hémorrhagie se fût prononcée quelques minutes de plus, et s'en était fait de la malade.

Je compris immédiatement qu'il était urgent de faire la transfusion du sang. La malade, considérablement épuisée par l'hémorrhagie, appela d'une voix faible son mari à qui elle dit adieu en lui recommandant ses enfants, et aussitôt après sa bouche se ferma, puis se rouvrit lentement, laissant voir les gencives pâles et décolorées; les yeux devinrent ternes et plombés, le nez se pinça, de grosses gouttes de sueur sortirent sur le front; l'haleine était froide et le pouls radial imperceptible; les battements du cœur étaient très faibles et intermittents; de temps en temps, on entendait un battement plus fort et convulsif.

Avant que je puisse me procurer mon appareil à transfusion, bien que j'y eusse mis autant d'empressement que possible, les battements du cœur *avaient complètement cessé*. Enfin, je saignai promptement le mari; et ouvrant la veine médiane basilique de la femme, je lui transfusai avec assez de force *six onces de sang. Aussitôt, elle fit une profonde respiration, et le cœur se mit à battre de nouveau.* J'injectai de nouveau six onces de sang, les yeux s'ouvrirent alors, les lèvres se colorèrent un peu, le pouls radial devint sensible, et les battements du cœur reprirent une certaine force. La malade fit quelques profondes respirations; puis, promenant ses yeux autour de la chambre, elle dit : Je suis mieux, où donc ai-je été? N'étais-je pas morte? Où est mon mari, mes enfants? Enfin, j'injectai encore six onces de sang. L'état de la malade s'améliora de plus en plus; les battements du cœur, encore agités, avaient une intensité presque normale; le pouls radial était plus plein, les battements de la carotide étaient bien marqués, l'œil était bon. Élevant alors les mains vers le ciel, elle remercia Dieu que je l'eusse sauvée d'une mort certaine.

La guérison fut complète et rapide.

XXV[e] OBSERVATION.

Hémorrhagie utérine; transfusion; guérison, par le même (1857).

M[me] B... me fit appeler à la fin d'octobre dernier; je la connaissais déjà depuis longtemps, l'ayant assistée dans plusieurs de ses couches. Tous ses enfants, excepté un seul, étaient morts dans les convulsions avant d'atteindre leur première année.

C'est une petite femme maigre, pâle, excessivement chétive; elle était enceinte de trois mois lorsque je la vis au mois d'octobre; elle m'envoya chercher parce qu'elle avait été prise subitement, au milieu de ses occupations de ménage, d'une hémorrhagie abondante par le vagin. Je la trouvai en bas de l'escalier incapable d'aucun mouvement. Sur le

plancher, *un caillot volumineux et une grande mare de sang* indiquaient suffisamment de quoi il s'agissait. Je la portai dans son lit, et aussitôt elle eut la plus terrible hémorrhagie que j'aie jamais vue. On devine aisément les symptômes qui se produisirent immédiatement : la peau était visqueuse et froide, le pouls radial imperceptible, l'haleine froide; agitation considérable, délire; les yeux enfoncés et plombés, battements du cœur faibles et irréguliers, lèvre supérieure rétractée et montrant les gencives, bouche ouverte, la langue et les lèvres décolorées. Je tamponnai le vagin et j'administrai des stimulants. Au bout d'une demi-heure qu'elle eut pris un peu d'eau-de-vie, l'état de la malade se trouva notablement amélioré, et après douze heures tout symptôme alarmant avait cessé; il ne s'était pas reproduit d'écoulement sanguin.

Je venais donc de quitter la malade que j'avais laissée dans un état satisfaisant, quand une personne qui la gardait la fit lever pour qu'elle pût uriner; le tampon fut immédiatement chassé du vagin, et il se fit une nouvelle hémorrhagie. On vint me chercher en toute hâte, et lorsque j'arrivai, je crus un instant que la malade était morte. Certainement jamais syncope ne fut plus marquée. L'éther, l'ammoniaque, l'eau-de-vie, ne produisirent aucun effet. Je proposai donc la transfusion, qui fut acceptée; j'injectai dix onces de sang, mais je n'obtenais encore aucun changement bien marqué dans l'état de la malade. Cependant, elle fit une profonde inspiration. J'injectai encore six onces de sang; les lèvres se colorèrent légèrement, les yeux firent quelques mouvements, et l'on sentit quelques faibles battements dans la carotide. Encouragé par ces symptômes favorables, je fis une troisième injection de six onces de sang. La résurrection fut complète : la peau devint chaude, le pouls radial redevint distinct, l'action du cœur facile, et la respiration presque normale. La guérison fut complète.

Il est à remarquer que cette femme, si maigre et si pâle pendant plusieurs années avant cette hémorrhagie, est à présent, depuis qu'elle a subi la transfusion du sang, grasse, colorée, et bien mieux portante qu'autrefois. (*Union médicale,* 20 octobre 1858, p. 467. Extrait du *British medical Journal,* avril 1858. Réflexions.)

XXVI[e] Observation.

Hémorrhagie après un avortement à l'expulsion du placenta; transfusion; guérison, par le docteur Higginson (1857).

Prostration complète à la suite d'une perte rapide de sang; la sœur de l'accouchée fournit le sang, et il en fut facilement injecté dix ou douze onces; le *succès fut immédiat et frappant,* aucun symptôme fâcheux ne vint entraver le rétablissement de la santé.

XXVIIe OBSERVATION.

Hémorrhagie par décollement du placenta, le fœtus n'étant pas expulsé; transfusion; mort, par le Même.

Hémorrhagie rapidement épuisante; le placenta avait été décollé, la tête de l'enfant occupait l'orifice de l'utérus, et l'hémorrhagie se faisait. La peau avait une teinte livide, comme dans la période d'asphyxie du choléra. Une servante fournit le saug; il y avait déjà six ou huit onces injectées, quand un soubresaut de la malade fit sortir l'instrument du bras; le sang se coagula, et empêcha l'opération. La malade mourut en une demi-heure.

XXVIIIe OBSERVATION.

Hémorrhagie par adhérence du placenta, l'utérus vidé, cessation de l'hémorrhagie; tranfusion; mort le septième jour, par le Même.

Douze onces de sang furent injectées; la malade *vécut sept jours,* puis elle succomba. — *L'utérus était rempli de pus;* il n'y avait pas trace de maladie dans les veines, même de la région utérine, non plus que du bras où l'incision avait été faite pour l'injection.

XXIXe OBSERVATION.

Décollement partiel du placenta; hémorrhagie avant la délivrance; transfusion; mort, par le Même.

Décollement partiel, hémorrhagie abondante; la femme s'affaiblissait, ni le fœtus, ni le placenta n'étaient expulsés. Cependant l'hémorrhagie cessa; le sang injecté était foncé et épais; il produisait à peine d'effet; il n'était pas entré plus de cinq à six onces; on injecta alors un peu d'eau chaude et de sel commun, qui activèrent la circulation; la délivrance se fit promptement, mais la vie était éteinte avant qu'elle fût complète.

XXXe OBSERVATION.

Par le Même.

Placenta décollé par des efforts, délivrance et hémorrhagie consécutive. Transfusion; amélioration de l'état de la malade. Retour de l'hémorrhagie. Mort. (Liverpool. *Méd. chirurg. Journal,* janvier 1857. — Les Observations du docteur Higginson se trouvent dans les *Archives de Médecine,* 5e série, t. X, p. 346. 1857.)

Je discuterai plus tard les Observations du docteur Higginson, et j'espère démontrer que la transfusion est étrangère à la mort.

XXXIe Observation.

Hémorrhagie utérine; transfusion; guérison, par le professeur Martin (1857).

La *Presse* emprunte le fait suivant à un journal d'outre Rhin :

La *Gazette d'Augsbourg* cite un exemple d'une des plus curieuses opérations de l'art médical : la transfusion du sang, qui consiste, comme on le sait, à faire passer du sang des veines d'un individu dans celles d'un autre, pour remplacer le sang perdu dans une hémorrhagie ou par toute autre cause. Une opération de ce genre, pratiquée à Iéna le 20 du mois de mai 1857, par le professeur Martin, a sauvé une jeune femme en grand danger à la suite d'une hémorrhagie. C'est un jeune homme, élève du professeur Martin, qui a spontanément offert le sang de ses veines pour cette belle expérience, et son acte de dévouement a eu tout le succès désirable : la jeune dame est hors de danger. (*Moniteur des Hôpitaux*, p. 544. 1858.)

XXXIIe Observation.

Hémorrhagie utérine; transfusion; mort, par les docteurs Lever et Bryant; 1857 (hôpital Guy, de Londres).

Jeanne S..., âgée de 45 ans, demeurant à Deptford, fut admise, le 20 mai 1857, dans le service du docteur Lever. Il y a dix ans qu'elle ressentit pour la première fois une vive douleur dans le dos et dans les reins. Il y a sept ans qu'elle fut atteinte d'une première et abondante hémorrhagie, qui se renouvela fréquemment. Elle ne croyait avoir aucune tumeur, si ce n'est depuis douze mois, quand elle se présenta à la consultation de l'hôpital du Guy. Dans les derniers mois, elle eut d'abondantes et nombreuses hémorrhagies, accompagnées de douleurs très intenses. Depuis trois semaines, elle éprouvait des douleurs semblables aux douleurs expulsives, qui prirent un caractère plus sérieux dans la nuit du samedi, 17 mai, et une grosse tumeur fit saillie à travers le vagin. Elle était environ de la grosseur d'un cœur de veau, de texture fibreuse, tout à fait vasculaire, et attachée à l'utérus par un long et épais pédicule. La malade perdit en ce moment trois livres de sang. Le docteur Gardien fut appelé, et fit mander le docteur Lever. En arrivant, il appliqua une ligature à la partie de la tumeur, extérieure à la vulve, et recommanda de porter la malade à l'hôpital du Guy, dès qu'elle serait en état.

A son admission, elle était très pâle, dans un état extrême de prostration, avec un pouls faible et fréquent, une langue épaisse et à peine d'appétit. Une canule de Goork fut appliquée dans le vagin; la tumeur fut ligaturée plus haut que la première fois.

Le 21, elle vomissait continuellement et paraissait faible et abattue; les pertes par la tumeur étaient excessives. En conséquence, elle fut incisée à l'endroit de la première ligature, en laissant toutefois la canule attachée.

A dater de ce jour jusqu'au 30, elle sembla perdre connaissance, vomit beaucoup, et prit à peine quelques aliments par la bouche; deux fois par jour on lui injectait du thé, du bouillon de bœuf et de veau, et du vin d'Oporto; le pouls était très faible, oscillant, entre 80 et 110.

Le 30, la ligature tomba; la malade passa une très mauvaise nuit. Le docteur Lever appela M. Bryant en consultation. La transfusion fut décidée et accomplie par l'appareil ordinaire; le sang fut fourni par un des élèves. Six onces environ furent injectées, et à plusieurs reprises, durant l'opération, on fit prendre de petites quantités de vin à la malade. Son pouls, qui avant l'opération était entre 120 et 135, tomba à 90, et devint beaucoup plus fort. Cette femme s'assoupit après l'opération et passa une très bonne nuit. Depuis lors, sa santé s'améliora graduellement. Pendant les quatre jours suivants elle ne se sentait d'aucun mal et prenait même quelque nourriture légère en petite quantité. Le soir du quatrième jour, ses forces diminuèrent, et elle mourut le jour suivant, à deux heures de l'après-midi.

Autopsie. — Tous les tissus et organes furent trouvés complètement anémiés et chargés de graisse. Le péritoine, sur la surface des intestins, au voisinage du bassin, *était enflammé; les tissus pelviens, ainsi que la vessie et l'utérus, étaient en supuration;* le foie avait augmenté de volume et était chargé de graisse; les *reins supuraient* et il y avait des grumeaux de pus dans la veine iliaque externe. (*Moniteur des hôpitaux,* p. 653. 1857.)

Réflexions. — En lisant avec attention cette observation et en songeant à la mort qui a suivi la transfusion, est-il possible de voir une relation de cause à effet entre l'issue de la maladie et l'opération pratiquée? Ceux qui sont opposés à la transfusion ne manqueraient pas de raisonner ainsi, si l'examen cadavérique n'avait pas été fait. Mais la péritonite, la suppuration de la vessie, de l'utérus, des reins et la présence du pus dans la veine iliaque externe, sont plus que suffisantes pour expliquer la mort. La transfusion paraissait, au contraire, avoir modifié, d'une manière avantageuse, l'état de la malade, car, pendant les quatre jours qui l'ont suivie, elle a pu prendre de la nourriture et le pouls s'est relevé. Cette modification ne devait être que passagère, car la

tranfusion du sang ne pouvait s'opposer aux accidents inflammatoires graves dont l'autopsie a révélé l'existence.

XXXIII[e] Observation.

Hémorrhagie utérine; transfusion; guérison, par le docteur Douglas Fox.

Une dame de trente ans accoucha vers le sixième mois de sa grossesse. L'expulsion du fœtus fut suivie d'une violente hémorrhagie. Lorsque M. Douglas Fox vit la malade, elle était dans un état d'épuisement extrême, presque sans connaissance et sans pouls, au point qu'il n'y avait d'autres moyens pour la sauver que de pratiquer la transfusion. Il fit passer, des veines de l'un des assistants dans celles de cette dame, un verre de sang environ, et s'assura bientôt que le pouls commençait à se faire sentir. Au bout de quelques minutes, la malade parvint à se mouvoir sans beaucoup de difficulté, parla distinctement et avala facilement les médicaments qu'on lui présenta. L'amélioration était évidente; bref, dix minutes s'étaient à peine écoulées que la circulation s'était rétablie à un point tel, que la guérison paraissait assurée. Elle ne se fit pas longtemps attendre. (*Nouvelle bibliothèque médicale,* t. III, p. 426. 1827.)

XXXIV[e] Observation.

Hémorrhagie utérine puerpérale; transfusion; guérison, par le docteur Blundell.

Une femme se trouvait réduite à toute extrémité par une hémorrhagie utérine puerpérale. Depuis six heures, l'hémorrhagie était arrêtée, et, malgré les stimulants les plus violents, la malade ne se ranimait pas. Blundell injecta, en dix minutes, quatorze onces de sang fourni par les assistants. Le pouls, l'œil, la chaleur et la teinte de la peau se ranimèrent aussitôt, et la malade disait se sentir déjà forte. (*The Lancet,* t. IX, p. 345. — *Archives* de 1852, p. 335.)

XXXV[e] Observation.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par le docteur Blundell.

Une dame d'un âge moyen fut prise, à la suite d'un accouchement, d'une hémorrhagie telle, qu'elle était pâle, froide, sans force; le pouls à 130 était petit, concentré; en un mot, la malade était dans le plus grand danger. Blundell lui injecta six onces de sang, fourni par son élève Wright. La face devint calme immédiatement, et les forces reparurent un peu. Une rechute ayant eu lieu deux heures plus tard, il injecta six onces de sang, fourni par son autre élève Urvin. Le pouls tomba à 110, les forces revinrent, et bientôt la guérison fut complète,

malgré une inflammation de la veine blessée, qui réclama l'application de quelques sangsues. (*The Lancet*, t. X, p. 205. — *Archives* de 1852, p. 335.)

XXXVI[e] et XXXVII[e] OBSERVATIONS.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par le docteur Schraegle.

Le docteur Schraegle pratiqua deux fois la transfusion dans deux cas de métrorrhagie. Les malades guérirent. (Carré, *Thèses de Paris*, 1844, n° 214, p. 19.)

XXXVIII[e] OBSERVATION.

Hémorrhagie utérine; transfusion; guérison, par le docteur Béry.

Béry pratiqua la transfusion pour une hémorrhagie utérine qui devenait fort inquiétante. Deux onces et demie de sang furent injectées avec beaucoup de précaution. L'effet fut très heureux pour la malade, qui était parfaitement guérie un mois après. (Carré, *Thèses de Paris*, 1844, n° 214.)

XXXIX[e] OBSERVATION.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par le professeur Martin (1862).

Une jeune femme primipare éprouve, au commencement du travail, une perte utérine modérée à la suite d'une promenade en traîneau. Le professeur Martin, appelé, la trouve froide, pâle, le pouls frêle à 108; les eaux étaient écoulées; le fond de l'utérus énormément distendu; le sang qui s'écoulait était séreux et sans grumeaux. L'anémie et la prostration excessives et hors de proportion avec le sang perdu à l'extérieur, font penser à une hémorrhagie interne, par décollement du placenta. L'étroitesse et la rigidité du col utérin ne permettant pas l'extraction du fœtus, on applique le tampon et on cherche à ranimer la malade par les moyens ordinaires. Mais l'utérus s'accroît démesurément; l'épuisement augmente; les évanouissements se multiplient; le pouls s'arrête de temps en temps; tout dénote que l'hémorrhagie continue et rend nécessaire un secours plus efficace. La version semble périlleuse, et le professeur Martin se décide à recourir à la transfusion du sang. Il l'exécute aussitôt, à quatre reprises différentes et à de courts intervalles. Il injecte en tout de cent-quatre-vingt à deux cents grammes de sang, fourni à l'instant même par un homme robuste. Bientôt la chaleur reparaît, les joues se colorent un peu, les douleurs se réveillent, et la malade peut les seconder. On enlève le tampon; l'orifice utérin est assez dilaté pour permettre d'extraire le fœtus avec le forceps. Aussitôt s'échappent des grumeaux de sang pesant environ deux livres;

mais bientôt survient une nouvelle hémorrhagie, qu'on arrête au moyen d'injections d'eau acidulée et d'une solution de perclorure de fer; néanmoins, la malade, exténuée, semblait près d'expirer. De plus forts stimulants étaient sans aucun effet. C'est alors que le professeur Martin pratiqua une seconde transfusion d'environ quatre-vingt-dix grammes de sang. L'effet fut merveilleux. La malade venait peu à peu à une vie nouvelle, se plaignant seulement d'une soif très ardente. Les suites de couches furent normales. Au bout de quinze jours la malade quitte le lit, pâle encore et faible, mais en voie d'une convalescence parfaite.

XL[e] Observation.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par le docteur Weickert, de Freiberg (Saxe) (1862).

Une femme âgée de quarante-trois ans en était à son onzième accouchement, lorsqu'elle fut prise d'une hémorrhagie qui ne tarda pas à l'épuiser. Tous les moyens épuisés en pareil cas ayant été inutilement employés, elle éprouvait des syncopes qui se succédaient à des intervalles de plus en plus rapprochés. Déjà, les extrémités étaient froides, les battements du cœur et du pouls à peine perceptibles, les yeux avaient perdu leur éclat. Tout, en un mot, révélait l'imminence de la mort. En cet état, M. Weickert ne voyant de chance de salut que dans la transfusion, se décida à pratiquer cette opération.

M. Weickert s'est servi de l'appareil de Martin; il a rigoureusement observé toutes les précautions recommandées par ce dernier. Néanmoins, il a rencontré des difficultés imprévues.

C'est un des enfants de la malade, garçon robuste de dix-sept ans, qui fournit le sang nécessaire à la transfusion.

Désireux, avant toutes choses, de prévenir la coagulation du liquide, M. Weickert eut l'idée de ne laisser sortir, à chaque fois de la veine, que la quantité de sang strictement nécessaire pour remplir la seringue; mais après deux ou trois de ces petites saignées, le jeune homme fut pris de syncope, et il fallut recourir, pour terminer l'opération, au dévouement d'une femme de vigoureuse apparence, qui consentit à se laisser saigner. La patiente a ainsi reçu dans ses veines du sang *provenant de deux individus différents,* circonstance insolite qui a prolongé bien au-delà du temps ordinaire la durée de l'opération.

L'obstacle le plus sérieux contre lequel l'opérateur a eu à lutter, a été la coagulation rapide du sang. Non seulement le liquide se solidifiait en partie dans la seringue avant que la course du piston fut achevée, mais il commençait déjà à se coaguler dans le vase où on le recevait au sortir de la veine.

Enfin, M. Weickert signale une dernière particularité qui a encore

contribué à prolonger et à compliquer l'opération. La veine médiane gauche qui a servi à l'injection du sang avait été découverte dans l'étendue d'un demi-pouce, et dans toute cette étendue elle avait été dépouillée de la gaine de tissu conjonctif. Au moyen d'un trocart, on y avait pratiqué une ouverture par laquelle avait été introduite la canule conductrice du liquide. Les choses étaient ainsi disposées, l'opérateur s'apprêtait à recommencer l'opération, lorsque la malade fit un mouvement brusque qui déplaça la canule. Pour éviter le retour de cet accident, il fit découvrir et distendre la veine dans une étendue plus considérable; il la souleva avec un fil; et chaque fois que l'injection du sang était interrompue, un aide serrait l'anse de fil de manière à appliquer les parois du vaisseau sur la canule; il n'y eut néanmoins aucune trace de phlébite. Enfin, malgré ces difficultés et ces complications, la réussite de l'opération n'en a pas moins été complète. (Extrait de la *Gazette hebdomadaire, Gazette des hôpitaux,* du 9 août 1862.)

XLI[e] OBSERVATION.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par le docteur Thorne (1863.)

Le 11 janvier dernier, M. Thorne, aide de clinique obstétricale à l'hôpital Saint-Barthélemy de Londres, fut appelé auprès d'une femme qui venait d'accoucher d'un fœtus de sept mois, mais mort déjà depuis longtemps. En quelques minutes, il se manifesta les phénomènes d'une hémorrhagie grave. M. Thorne alla, avec la main, déplacer le placenta encore adhérent, fit le tamponnement, et l'hémorrhagie cessa; mais la malade était restée presque sans pouls et d'une pâleur extrême, symptômes résultant évidemment de la perte excessive de sang. On administra un mélange d'eau froide et d'eau-de-vie, que les vomisssements obligèrent à discontinuer; la position allait s'aggravant; deux fois même la respiration s'arrêta, et il fallut la rétablir artificiellement. L'administration d'un lavement d'une demi-pinte d'eau chaude additionnée d'eau-de-vie ne fut pas suivie de plus d'effet, et il était clair que la malade allait succomber. La transfusion fut alors faite par M. Vernou, chirurgien de l'hôpital. Seulement, tant en raison qu'il se perdit une certaine quantité de sang que par suite d'un évanouissement de la jeune femme qui le fournissait, il n'en fut guère *injecté que deux onces* dans la veine médiane céphalique. Cela toutefois parut suffisant pour stimuler l'action du cœur prête à s'éteindre; car, peu après, les pulsations de cet organe et des artères, qui étaient devenues excessivement faibles, se relevèrent d'une manière sensible. Des lavements composés de thé, de bœuf et d'eau-de-vie, furent ensuite donnés; le rétablissement a été complet. (*Bulletin de Thérapeutique,* mars 1853.)

XLIIe Observation.

Métrorrhagie; transfusion; guérison, par M. le docteur Dutems.

Séverine Culpin, épouse Vatin, habitant le village de Fayet, près Saint-Quentin, est âgée de quarante ans et mère de sept enfants. Douée d'une bonne constitution, quoique d'un tempérament lymphatique, cette femme, depuis l'époque de sa première menstruation, arrivée à seize ans, jusqu'en ces derniers temps, n'avait éprouvé aucun trouble du côté des fonctions de l'utérus.

Mariée à l'âge de vingt ans, elle devint enceinte de suite, et depuis ce moment elle n'a perdu de sang que pendant ses accouchements. Ses enfants ne sont pas nés cependant à un intervalle moindre de deux ans l'un de l'autre, mais l'allaitement prolongé auquel elle se soumettait, et comme mère et comme nourrice, faisait qu'elle devenait enceinte avant le retour des règles.

Dans le courant de 1857, son dernier nourrisson rendu, la menstruation reparaît et s'accomplit régulièrement toutes les trois semaines, jusqu'à la fin de mars 1858. Les règles faisaient défaut depuis quatre mois, lorsque le 18 août dernier, un écoulement de sang subit et abondant se manifeste sans cause connue.

Cette perte effraya la malade, qui se condamne au repos pendant une journée; mais bientôt, reprenant les soins de son ménage, le sang se remit à couler, mais avec modération, jusqu'au dimanche 22, où le liquide s'échappe en plus grande quantité.

Tous les jours de la semaine suivante furent marqués par une métrorrhagie notable. La malade voit ses forces s'épuiser, et l'écoulement sanguin, loin de cesser, redouble de violence le dimanche 29. La perte fut tellement considérable ce jour-là, que cette femme eut plusieurs syncopes. Ces accidents se renouvelèrent et persistèrent jusque dans la nuit; vers deux heures, à la suite d'une lipothymie très prolongée, survint une attaque convulsive si violente que le mari crut perdre sa femme. A partir de ce moment des vomissements survinrent, assez fréquents pour jeter la malade dans la prostration la plus grande.

Mandé à quatre heures du matin, je me rendis en toute hâte près de cette femme; je fus effrayé par le spectacle qui s'offrit à ma vue. La quantité de sang perdu était si considérable que toute la literie était traversée. Les assistants n'avaient osé mouvoir la malade, de peur qu'elle ne rendît le dernier soupir entre leurs mains. La face, grippée et d'une pâleur extrême, témoignait d'un épuisement complet. Par le toucher je constatai une tuméfaction des lèvres du col de l'utérus entre lesquelles se trouvait engagé un caillot aplati, que je me gardai bien d'ébranler.

Malgré cet obstacle, l'hémorrhagie continuait. Je prescrivis une potion tonique destinée à relever les forces de la malade et qui devait être prise alternativement avec une mixture d'ergotine (2 grammes pour 125 grammes d'eau distillée). En même temps, je recommandai de combattre les vomissements par l'administration de petits morceaux de glace. Je fis en outre élever le siége de la malade avec des coussins en balle d'avoine, et appliquai sur l'hypogastre une vessie remplie de glace. Malheureusement, à mon retour, à quatre heures du soir, j'apprends que les médicaments ont été rejetés aussitôt leur ingestion, et que, par suite des secousses imprimées par les incessants vomissements, la perte de sang avait continué.

Les traits affaissés de la malade, qui donnaient à son visage un aspect cadavérique, le refroidissement des extrémités, la disparition du pouls à la radiale, le bruit très faible des battements du cœur, qui ressemblait à une sorte de tremblement, tout me faisait présager une fin prochaine. En face de semblables symptômes, je ne vis de ressource que dans la transfusion du sang.

Je revins à la hâte à Saint-Quentin, afin de me munir des instruments nécessaires pour pratiquer cette opération et de m'assurer le concours d'un confrère. Les deux médecins chez lesquels j'allai étant absents, et la malade courant un pressant danger, je dus retourner près d'elle et me résigner à agir seul.

Je débutai dans mon opération par appliquer une ligature sur les bras de la malade, comme pour une saignée; je refoulai ensuite le peu de sang contenu dans les veines, afin de pouvoir choisir le vaisseau le plus volumineux : ce fut la veine céphalique du bras droit. Je la mis à nu par une incision parallèle à l'axe du vaisseau et l'isolai dans une étendue d'un centimètre.

L'individu qui me donna généreusement le sang destiné à cette transfusion est un homme âgé de quarante-cinq ans, jouissant d'une santé excellente. Le liquide fut recueilli dans une seringue à hydrocèle, dont le corps en étain était entouré de linges imbibés d'eau chaude.

Pendant ce temps, je pratiquai une incision longitudinale sur la veine de la malade mise à nu. La seringue remplie complétement, de façon à pouvoir rejeter de son contenu le peu de sang spumeux qui surnageait, je plaçai le piston à double parachute. L'instrument clos et laissant jaillir un sang rutilant, les linges imprégnés d'eau chaude furent changés. Afin de faciliter l'introduction de la canule, je fis écarter les lèvres de la plaie à l'aide d'une pince à dissection et de l'extrémité mousse et recourbée d'un stylet d'argent. La canule introduite, je poussai lentement le piston de l'instrument.

Mon opération était près d'être terminée lorsque la malade, qui était

restée complétement immobile pendant toute la durée des incisions, par suite de l'insensibilité dans laquelle elle était plongée, fut prise d'une *attaque convulsive* que je crus mortelle, tant elle fut violente. La crise dura une minute seulement, et provoqua chez moi un moment de cruelle angoisse. Mais enfin l'inspiration de vapeurs de vinaigre et des frictions vigoureuses sur les membres apaisèrent ces symptômes effrayants. La malade reprit peu à peu ses sens, promena des regards étonnés et ne tarda pas à pouvoir exprimer ce qu'elle ressentait; c'était une sensation de bien-être. Elle semblait reprendre vie après une syncope de longue durée.

La crise dont je venais d'être témoin m'enleva toute envie de pousser plus loin l'injection : les deux tiers du sang contenu dans la seringue avaient pénétré [1], et, quoique la voix de la malade fût encore très faible, l'amélioration était tellement notable que je ne crus pas prudent de l'exposer à une nouvelle chance d'accident.

En quelques instants il se produisit d'ailleurs une réaction inespérée; le pouls, qui avait cessé d'être appréciable, reparut et marqua 124 pulsations; les battements du cœur, qui ressemblaient à une sorte de trépidation, reprirent leur force et leur netteté, sans être accompagnés d'aucun bruit anormal.

Rassuré sur le sort de ma malade, je lui fis prendre deux cuillerées de sa potion tonique : elles furent bien supportées. Les forces se sont peu à peu relevées sous l'influence d'un régime analeptique, et le quatrième jour la malade put être levée pour qu'on fît son lit; à la fin de la semaine, je lui permis de marcher avec l'assistance du bras de son mari. Le 11 septembre elle se promenait seule dans son jardin, et elle n'a pas tardé à reprendre les soins de son ménage.

La santé de Mme Vatin est aujourd'hui aussi robuste qu'il y a un an.

(*Bulletin de Thérapeutique*, t. LVI, p. 85.)

Réflexions. — Dans ce cas, comme dans tous les précédents, M. Dutems fait remarquer que la quantité de sang injecté a été peu considérable (120 grammes). Mais il existe sur une particularité qui s'est manifestée pendant la transfusion, je veux *parler de l'attaque convulsive qu'a éprouvé la malade.* M. Dutems se demande si, malgré le soin qu'il a mis à purger le sang de l'air qu'il renfermait, quelques bulles de ce gaz n'ont pas pénétré dans

(1) La seringue pleine contenait 180 grammes de sang; la quantité de liquide resté dans l'instument après l'opération était à peine de 60 grammes : la malade avait donc reçu 120 grammes.

les vaisseaux; ou bien si, de même que les derniers phénomènes qui ont précédé la syncope ont été des mouvements convulsifs, les premières manifestations de retour à la vie n'ont pu être une attaque d'éclampsie? Je suis porté à penser que la syncope a été déterminée par l'entrée de l'air dans les veines; et si la mort n'est pas arrivée, c'est parce que ce gaz n'a pénétré qu'en petite quantité. Mes expériences, rapportées dans la troisième partie de ce travail, ne peuvent laisser aucun doute à cet égard.

XLIIIe Observation.

Marie W..., âgée de trente ans, six enfants, pas d'antécédents syphilitiques. Elle accouche, le 4 décembre 1862, très naturellement. Immédiatement après l'expulsion de l'enfant, un flot de sang s'échappe de l'utérus; on administre à la malade une potion stimulante; on reconnaît que le placenta a contracté de nombreuses adhérences, et M. le docteur Hicks est appelé auprès de la malade. M. Hicks détache le placenta à grand'peine, et constate sur la surface interne de l'utérus de larges plaques albuminoïdes. Immédiatement après l'opération, l'hémorrhagie avait cessé et l'utérus était redevenu contractile, mais le pouls baissait à vue d'œil; il devint bientôt imperceptible, et la malade tomba dans le collapsus le plus complet. A trois reprises différentes, M. Hicks injecte six onces de sang prises sur le mari de la malade, qui tombe lui-même en syncope, de sorte que l'opération est ainsi suspendue. L'opération paraît amener un bon résultat. Au bout de quelques instants, le pouls semble remonter; néanmoins, la malade succombe deux heures après sa délivrance.

XLIVe Observation.

M. Hicks rapporte une seconde tentative de transfusion faite par lui sur une femme de trente-huit ans et mère de six enfants.

L'hémorrhagie avait eu lieu accidentellement, et l'enfant était à terme. Le pouls de la malade est à peine sensible. M. Hicks pratique la transfusion, et dans la même condition que précédemment. Six onces de sang sont introduites dans les veines de la malade; on lui administre des stimulants à haute dose : eau-de-vie, bouillon de bœuf au thé. Le pouls paraît revenir, la malade parle librement; on applique les fers sans succès.

M. Hicks opère alors le retournement; l'enfant est expulsé, et on constate qu'il a cessé de vivre depuis peu d'instants. Le placenta est complètement détaché; on fait des injections d'eau froide dans l'utérus,

qui ne se contracte plus. Nouvelle tentative de transfusion infructueuse. Mort au bout de quelques minutes.

XLV[e] OBSERVATION.

La troisième tentative de transfusion de sang, rapportée par M. Greenholy et entreprise par lui dans les mêmes circonstances, est suivie de succès.

Il est appelé auprès de la malade, qui vient d'accoucher, après une grossesse de sept mois, d'un fœtus mort. D'après les renseignements qu'elle fournit, la mort du fœtus date de six semaines. Hémorrhagie considérable. M. Greenholy détache le placenta. La malade tombe dans le collapsus. (Injection d'eau-de-vie dans le rectum, potion stimulante.) M. Greenholy introduit dans la veine céphalique quelques onces de sang; la malade se relève; on sent les pulsations de l'artère temporale, qui étaient devenues imperceptibles. Pendant les six heures qui suivirent l'opération, injections d'eau-de-vie et de bouillon de bœuf au thé dans le rectum. Douze heures après, la malade va mieux, le pouls est à 112, la langue saburrale.

Dès le onzième jour, la malade a pu manger, et l'anémie est le seul symptôme qui persiste encore. (*The Lancet,* 7 mars 1863. — Les trois Observations précédentes sont extraites de la *Gazette médicale de Lyon,* du 1[er] avril 1863, p. 158.)

TABLEAU DE LA TRANSFUSION DU SANG DANS LES CAS DE MÉTRORRHAGIE.

ANNÉES.	Noms des Auteurs.	Avant l'accouchement.	Après l'accouchement.	SUCCÈS.	INSUCCÈS.	RÉFLEXIONS SUR LES INSUCCÈS.
1825	Blundel.		1	1	»	
—	Id.		1	1	»	
—	Waller.		1	1	»	
—	Id.		1	1	»	
—	Waller et Doubleday.		1	1	»	
1827	Douglas Fox.	16[e] m[s].	»	1	»	
—	Jewell et Boyle.		1	»	1	Introduction de l'air dans les veines. L'autopsie l'a démontré.
1828	D[r] Klett.		1	1	»	
—	Id.		1	1	»	
—	D[r] Brown.		1	1	»	
1829	D[r] Savy.	13[e] m[s].	»	1	»	
—	D[r] Goudin.	13[e] m[s].	»	1	»	
1831	Internes de l'Hôtel-Dieu		1	»	1	
1833	D[r] Schneemann.		1	1	»	
—	Banner, de Liverpool.	14[e] m[s].	»	1		
1834	D[r] Ingleby.		1	1	»	

Suite du Tableau.

Années.	Noms des Auteurs.	Avant l'accouchement.	Après l'accouchement.	Succès.	Insuccès.	Réflexions sur les insuccès.
1835	Dr Berg.		1	1	»	*a* Succès immédiat de transfusion. Tous les symptômes de l'hémorrhagie ont été arrêtés. La malade a succombé au 7e *jour*, par suite d'une *phlébite utérine*. *b* Succès immédiat de la transfusion. Mort le 21e *jour*, par suite de métropéritonite. *c* Placenta décollé; fœtus dans l'utérus. La transfusion faite alors. *d* Succès immédiat. Mort le 7e *jour*. Utérus plein de pus. *e* Placenta décollé incomplètement, fœtus dans la matrice. *f* La transfusion a été d'abord heureuse. L'hémorrhagie est revenue, la malade a succombé. Toutes ces observations manquant de détails, il aurait été convenable de savoir si les deux femmes qui ont conservé le fœtus n'ont pas eu un travail très long; si l'utérus n'était pas inerte; en un mot, connaître les circonstances qui ont accompagné l'accouchement. Dans tous les cas, la transfusion ne pouvait produire aucun bon résultat. *g* Lever et Bryant. Amélioration pendant 4 jours, par la transfusion; le 5e jour, mort. Péritonite partielle; supuration de la vessie, de l'utérus, des reins.
1836	Dr Jackson.		1	»	1	
1841	Richard Oliver.		1	1	»	
—	Dr May.		1	»	1*a*	
1844	Dr Schraegle.		1	1	»	
—	Id.		1	1	»	
—	Dr Béry.		1	1	»	
1850	Profr Nélaton.		1	»	1*b*	
1851	Dr Marmonnier.		1	1	»	
—	Devay et Desgranges.	1	»	1	»	
—	Bellassies-Malfen.	14e ms.	»	1	»	
1852	Dr Soden.		1	»	»	
—	Dr Brigham.		1	1	»	
1857	Dr Wheatcroft.		1	1	»	
—	Id.	13e ms.	»	1	»	
—	Dr Higginson.	1	»	1	»	
—	Id.		1	»	1*c*	
—	Id.		1	»	1*d*	
—	Id.		1	»	1*e*	
—	Id.		1	»	1*f*	
—	Drs Lever et Bryant.		1	»	1	
—	Profr Martin.		1	1	»	
1858	Dr Dutemps.		»	1	»	
1861	Profr Martin.		1	1	»	
1862	Dr Weickert, de Freiberg (Saxe).		1	1	»	
1863	Dr Thorne.		1	1*g*	»	
—	Dr Hicks.		1	»	»	
—	Id.		1	»	»	
		Pendant la grossesse.	Pendant ou après l'accouchement.			
—	Dr Greenholy.	1	»	1	»	
		9	36	33	12	

Le tableau précédent renferme le plus grand nombre des cas connus de métrorrhagie traités par la transfusion du sang; ils sont au nombre de 45. Sur ces 45 faits, elle a été pratiquée 9 fois

pour des hémorrhagies survenues à diverses époques de la grossesse, 36 fois pour combattre cet accident, soit pendant le travail, soit après l'accouchement. Les résultats obtenus sont les suivants : 33 fois le succès a été complet, et la mort est arrivée chez 12 malades.

La transfusion doit-elle être considérée comme cause de ces 12 insuccès?

Partant de ce fait qu'elle a toujours été employée pour s'opposer à une terminaison fatale, immédiate, occasionnée par la perte considérable du sang, il est facile de se convaincre que chez 4 des malades qui ont succombé, la transfusion s'est opposée à ce résultat.

On voit, en effet, que la mort est arrivée : 1° le *septième jour,* à la suite d'une *phlébite utérine* (docteur May); 2° le *vingt-unième jour,* par une *métropéritonite* (professeur Nélaton); 3° le *cinquième jour,* après une amélioration notable dans l'état de la malade, par suite d'une *péritonite partielle,* de la *suppuration de la vessie,* de l'*utérus,* des *reins,* et la *présence du pus dans la veine iliaque externe* (Lever et Bryant); 4° le *septième jour,* l'utérus étant *plein de pus* (Higginson). Dans ces 4 faits, après avoir échappé aux dangers de l'hémorrhagie par la mise en usage de ce moyen, les malades ont succombé à ces accidents qui lui sont complètement étrangers, et qui malheureusement tendent à devenir de jour en jour des complications trop fréquentes des couches.

Si l'on ajoute ces 4 faits aux 33 déjà mentionnés, le chiffre des succès se trouve porté à 37.

Restent donc 8 cas de mort, coïncidant avec l'emploi de la transfusion; or, dans 2 qui manquent de détails, *l'accouchement n'était pas terminé, le fœtus était encore dans la cavité utérine* lorsque la mort a eu lieu (Higginson).

Dans un autre fait, l'air pénétra dans les veines; l'autopsie l'a démontré (Jewel et Boyle). Est-on en droit d'accuser la transfusion du sang du résultat final, et n'y a-t-il pas lieu de se demander s'il était convenable de l'employer dans les deux faits rapportés par Higginson, et surtout s'il était légitime d'en attendre quelque effet avantageux?

Je suis donc en droit de conclure que c'est dans 5 cas seulement sur 45 qu'elle n'a pu s'opposer à la mort. Y a-t-il, je le demande,

une seule opération chirurgicale de quelque importance, pratiquée chaque jour dans les hôpitaux, qui donne de semblables résultats?

Et, cependant, si l'on consulte les écrits de la plupart des chirurgiens contemporains, ainsi que je l'ai dit au commencement de ce travail, on voit la transfusion jugée comme une méthode *inutile, souvent dangereuse, et qui n'a presque toujours donné que des insuccès;* les accoucheurs eux-mêmes ne la mentionnent pas dans leurs Traités spéciaux parmi les moyens de combattre les hémorrhagies qui surviennent pendant ou après la grossesse. J'en ai vainement cherché la simple indication dans les ouvrages de MM. Chailly (Honoré), Jacquemier, Nœgelé.

Cazeaux en parle en ces termes :

« La transfusion, tant vantée par quelques auteurs anglais, entre les mains desquels elle paraît avoir réussi en bon nombre de fois, n'a pas eu en France les mêmes succès. C'est un moyen extrême qu'on pourrait cependant employer dans quelques cas désespérés, mais sùr lequel il ne faut pas trop compter; car la gravité de la perte, la faiblesse excessive de la malade, et la lenteur de l'opération, le rendent le plus souvent inutile, sans compter encore les accidents nerveux et inflammatoires, la *phlébite,* qui surviennent souvent à la suite de cette opération. » (*Traité d'accouchements,* 1850, 3e édit., p. 971.)

Si Cazeaux avait eu le soin d'étudier la question avant de la juger, il n'aurait jamais écrit ces lignes; il aurait pu se convaincre au contraire que, malgré la gravité de la perte, la faiblesse excessive des malades, la lenteur de l'opération, la transfusion a été pratiquée 45 fois, alors que tous les moyens classiques avaient été inutilement employés, et que 37 fois elle a sauvé des femmes condamnées à une mort certaine; il aurait pu se convaincre, en outre, que les accidents nerveux et inflammatoires dont il se préoccupe sont purement imaginaires, car *la phlébite a été notée une ou deux fois,* et à un degré si faible, qu'elle a cédé à la médication antiphlogistique la plus simple. Il découle de tout cela un enseignement auquel on ne saurait se soustraire : c'est que, tout en respectant les hommes, en les estimant même pour leur valeur personnelle, en s'inclinant devant l'autorité de leur parole que des travaux importants rendent souvent légitime, on ne doit accepter

les opinions et les théories que lorsqu'elles reposent sur des faits exacts et qu'elles ont été soumises à un contrôle sérieux.

J'ai toujours pensé que jurer sur la parole du maître, c'était sanctionner le principe de l'immobilité.

La lecture attentive des nombreuses Observations que je viens de rapporter, et dans lesquelles *le résultat a été presque constamment heureux,* ne laisse pas de prise à une objection que quelques-uns cependant ne manqueront pas de faire. On dira peut-être *que tous les insuccès n'ont pas été publiés;* or, si l'on songe que la transfusion n'a été mise en usage que lorsque tous les moyens connus avaient été *infructueusement employés,* qu'il a *toujours suffi de quelques onces de sang injectés dans les veines* pour faire reparaître *après quelques instants, et cela d'une manière constante,* les battements du pouls et du cœur prêts à s'éteindre, les mouvements respiratoires, l'intelligence et la vie, on comprendra *qu'il a dû en être toujours ainsi,* et que dès lors il est impossible d'admettre que le nombre des revers ait été plus considérable que celui que je viens de mentionner. Du reste, pourquoi les tairait-on? Serait-ce le sentiment de la crainte qui arrêterait le médecin et l'empêcherait de les faire connaître? Mais les conditions dans lesquelles cette opération se pratique, légitiment trop son emploi pour qu'un chirurgien puisse jamais songer à garder le silence sur les résultats malheureux qu'elle aurait amenés. Les amputations, les résections, les désarticulations, la trachéotomie employée pour combattre le croup, en un mot, toutes les grandes opérations chirurgicales, ne donnent-elles lieu qu'à des succès? Hésite-t-on à les publier lorsqu'elles n'ont pas été heureuses dans leurs conséquences? Pourquoi la transfusion du sang ne jouirait-elle pas du même privilége?

Cette objection, si elle était formulée, ne serait donc pas sérieuse, et je me crois autorisé à conclure des faits que je viens de rapporter :

Que la transfusion du sang est un des moyens les plus puissants et les plus efficaces que le chirurgien possède pour combattre les hémorrhagies graves, désespérées, qui surviennent pendant la grossesse ou après l'accouchement.

DEUXIÈME GROUPE.

Observations de transfusion du sang dans les hémorrhagies traumatiques.

Ire Observation.

Transfusion pratiquée dans un cas de fracture compliquée de la jambe; succès momentané; mort, par M. Ant. Danyau (1829).

En novembre 1829, un homme se présenta à l'hôpital Saint-Thomas de Londres, ayant une fracture de jambe compliquée de plaie et d'issue d'une portion de l'os. Depuis dix jours, le malade allait bien. A cette époque, une hémorrhagie considérable survint; on se décida à l'amputation; mais le malade était si faible, qu'on craignit qu'il ne mourût pendant l'opération. *On injecta huit onces de sang lentement et avec précaution; le malade se trouva dans un état satisfaisant*, et on amputa. Le lendemain, le malade allait bien; le surlendemain, la faiblesse était si grande, qu'on crut nécessaire de pratiquer une troisième transfusion; on injecta encore huit onces de sang, mais le malade ne s'en trouva pas mieux et mourut dans la nuit suivante. L'autopsie ne put être faite, et la surface du moignon était gangrenée. (*Revue de Paris*, 1851.)

Ce fait est intéressant à plus d'un titre. Si la transfusion n'a pu sauver le malade, loin de lui être nuisible, elle lui a, au contraire, été utile; elle a permis d'abord de pratiquer l'amputation que l'état d'extrême faiblesse empêchait de faire; en outre, une amélioration momentanée en a été la conséquence. Si le malade a succombé, ce n'est pas à la transfusion qu'il faut l'attribuer, mais au danger des amputations immédiates, à la suppuration, à la gangrène du moignon, à l'infection putride peut-être, circonstances qui viennent si souvent compromettre l'issue des amputations dans les hôpitaux.

IIe Observation.

Transfusion pratiquée dans un cas de blessure de l'artère sous-clavière; mort, par le professeur Roux (1830).

Un jeune combattant de la Révolution de Juillet reçut dans la région sous-claviculaire une balle qui lui ouvrit l'artère sous-clavière. Des hémorrhagies lentes et répétées finirent par compromettre son existence; il était presque mourant, lorsque M. Roux eut recours à la transfusion.

On injecta en un seul temps *quatorze onces de sang; le malade mourut à l'instant même.*

L'autopsie démontra que le cœur était dans un état apoplectique; il était rempli de sang coagulé, aussi bien que les vaisseaux aboutissants et afférents. *Tout le monde, à l'opération et à l'ouverture du cadavre, resta convaincu que le sang avait été injecté en trop grande quantité.* (Rognetta, *Bulletin thérapeutique,* t. X, p. 214.)

Je crois inutile de rien ajouter à la réflexion qui précède et au jugement énoncé par ceux qui ont assisté à l'autopsie, pour démontrer que dans ce cas la transfusion est complètement étrangère à la mort.

IIIe Observation.

Tumeur du cou; ablation; hémorrhagie; transfusion; mort, par le docteur Scott (1833).

En 1833, une jeune fille de quatorze ans entra à l'hôpital de Londres, portant une tumeur volumineuse au cou, occupant tout le triangle sous-claviculaire, et s'étendant même sous le sterno-mastoïdien. Pendant l'opération, Scott ouvrit la jugulaire : une hémorrhagie considérable se déclara avant qu'il eût pu lier les deux bouts du vaisseau; la malade, presque morte, fut portée sur un lit chaud, et une injection de huit à dix onces de sang fut faite dans les quatre veines du bras; de l'eau-de-vie et de l'eau furent injectées dans l'anus, mais la jeune fille succomba moins de trois quarts d'heure après l'opération. (*Lancette française,* 1833, p. 519.)

N'est-on pas en droit de faire, à la manière dont la transfusion a été pratiquée dans ce cas, le même reproche qui a été fait à l'Observation de M. Roux? Dix onces de sang introduites en une fois dans les veines d'une petite fille de quatorze ans, n'était-ce pas une dose exagérée? En second lieu, la tumeur était située dans la région sous-claviculaire, et la jugulaire ayant été ouverte dans le point où se fait le pouls veineux, n'est-on pas en droit de penser que l'air s'est introduit spontanément dans la veine par l'onverture pendant l'aspiration de la poitrine, et que cet accident a pu contribuer à la terminaison fatale si rapide?

IVe Observation.

Transfusion pratiquée avec succès pour une hémorrhagie constitutionnelle qui suivit l'opération du strabisme, par le docteur Samuel Lane (1839).

Firmin, Georges, âgé de onze ans, fut amené à M. Lane, par son père,

pour qu'il l'opérât d'un strabisme convergent. L'opération fut faite par l'incision de la conjonctive, d'après le procédé indiqué par Stromeyer. Le muscle droit interne fut coupé, et rien de particulier ne fut observé, si ce n'est qu'il survint une syncope et que l'écoulement de sang par la petite plaie de la conjonctive fut plus abondant qu'à l'ordinaire. Cependant cette hémorrhagie n'eut pas de suite, et l'enfant put se promener bientôt après. Le soir du même jour, l'hémorrhagie reparut, et l'écoulement dura plusieurs heures. Cependant, le chirurgien parvint encore à s'en rendre maître, après avoir exercé la compression pendant une demi-heure environ. Les parents *racontèrent alors à M. Lane que l'enfant avait éprouvé à plusieurs fois de grosses hémorrhagies après des plaies peu considérables, et que la vie avait même été compromise.* Il y avait quatre ans à peu près que l'avulsion d'une dent avait donné lieu à une hémorrhagie pendant quatre jours, et avait même nécessité son admission à l'hôpital du Guy. Trois mois après, il avait été placé dans le même établissement pour une autre hémorrhagie, qui pendant quinze jours résista à tous les moyens hémostatiques. Quelques mois après, une nouvelle hémorrhagie s'était manifestée après une petite coupure au doigt; mais celle-ci avait cédé à la compression.

Au mois de septembre 1839, une application de sangues au genou avait produit une nouvelle hémorrhagie qui résista à tous les moyens, et ne céda qu'à la suture pratiquée avec soin sur chaque piqûre.

Pour revenir à l'accident actuel, le sang s'arrêtait chaque fois que le petit blessé se levait, ou bien lorsqu'il survenait une syncope; mais dès que la circulation se ranimait un peu, et que l'on commençait à percevoir les pulsations de l'artère radiale, l'écoulement reparaissait. Le sang, examiné avec soin, parut liquide, comme s'il avait été délayé avec de l'eau; il n'était que peu plastique, et difficilement coagulable. Vers le troisième jour, on parvint à modérer l'hémorrhagie en tamponnant l'orbite avec un peu de poudre adragante sur laquelle on pratiqua la compression; l'enfant maintenait de plus l'appareil avec la main. Néanmoins, le moindre mouvement imprimé dans ce point fit reparaître l'écoulement du sang.

Quatrième jour. Le jeune Firmin vomit tout ce qu'on lui fait prendre; la prostration est extrême, et cependant l'hémorrhagie continue avec abondance; on craint que le malade n'expire.

Cinquième jour. Les syncopes sont plus fréquentes et se prolongent; l'enfant éprouve des mouvements convulsifs. Des contractions de l'estomac ont lieu; le malade est menacé de suffocation, la peau est froide et décolorée, le pouls est imperceptible aux artères de l'avant-bras, la prostration est complète. M. Lane propose la transfusion.

Sixième jour. La transfusion est pratiquée à sept heures du soir, en présence de M. Philips et de plusieurs autres médecins.

M. Lane fait alors la dissection d'une des veines, au pli du bras; il passe au dessous d'elle un stylet d'Anel; la canule de la seringue est placée dans une ouverture faite au vaisseau disséqué, et l'on s'assure que la manœuvre sera facile. M. Ancell saigna une jeune femme robuste qui s'offrit. L'entonnoir reçut deux onces de sang, et alors on en laissa couler une partie dans la seringue, et on s'apprêta à l'injecter dans la veine, après avoir expulsé l'air avec soin; mais le sang commença à se coaguler; on enleva alors l'appareil et on le trempa dans l'eau chaude, et, après avoir pris cette précaution, on chassa doucement le sang à mesure qu'il tombait directement de l'entonnoir dans la seringue, en ayant soin de surveiller à chaque coup de piston l'état de la respiration et des fonctions cérébrales, ainsi que les mouvements des côtes et la coloration des diverses régions. On a ainsi injecté, en quatre fois, cinq onces et demie de sang, en prenant toutefois la précaution de laisser un moment d'intervalle en chaque injection; on s'arrêta alors. *Le premier résultat a été la manifestation du pouls à l'artère radiale.* Deux heures après, l'amélioration était grande; l'enfant avait repris connaissance; il put se mettre sur son séant et boire un verre d'eau et de vin. L'hémorrhagie ne reparut pas; en peu de temps, l'appétit se manifesta, les forces augmentèrent, et la guérison était parfaite après trois semaines. Depuis lors, le bien-être a persisté, et le strabisme a également guéri. (*The Lancet of London*, oct. 1840. — *Arch. de Méd.*, 3e série, p. 234, t. X, 1841.)

Réflexions. — Dans son *Traité de Pathologie interne et de Thérapie,* qui est et sera incontestablement un des plus beaux livres de la littérature médicale au XIXe siècle, M. Gintrac a consacré un long chapitre à l'étude de la diathèse hémorrhagique ou hémophilie. Après avoir rapporté avec soin toutes les observations qui légitiment l'existence de cette diathèse, et parmi lesquelles figure celle de Samuel Lane que je viens de mentionner avec détails, M. Gintrac traite les questions relatives aux causes, aux phénomènes généraux, au diagnostic, à l'anatomie et à la physiologie pathologiques de l'hémophilie. Arrivé au pronostic, il s'exprime ainsi :

« La disposition constitutionnelle dont il s'agit est toujours très » fâcheuse. Elle l'est davantage si elle est évidemment héréditaire » et si les hémorrhagies ont commencé de bonne heure et se » succèdent fréquemment; si le sujet est très affaibli, si l'écoulement » du sang paraît être principalement passif, si l'art est impuissant

» à lui opposer une digue. *Il est rare que les malades ne succom-*
» *bent encore jeunes*. Quand ils résistent, le danger paraît s'éloigner,
» les hémorrhagies devenant plus rares à mesure qu'ils avancent
» en âge. » (Tome III, p. 127.)

La lecture attentive de l'observation de Samuel Lane ne peut laisser de doute sur l'existence de la diathèse hémorrhagique chez le jeune enfant auquel il pratiqua l'opération du strabisme; mais elle démontre aussi quel service incontestable la transfusion a rendu à ce malade, puisqu'elle a empêché la mort, qui était imminente, par suite des pertes abondantes de sang, des syncopes réitérées et de la prostration extrême. Elle m'autorise, enfin, à soulever cette question que des observations ultérieures pourront seules éclairer : La transfusion n'est-elle pas le moyen le plus puissant à opposer à la diathèse hémorrhagique, et l'introduction d'un sang étranger dans les veines d'une personne soumise à cette prédisposition particulière ne peut-elle pas amener dans l'organisme des modifications qui aient pour résultat de le soustraire aux conséquences fatales de cette diathèse?

Ve Observation.

Transfusion dans un cas d'hémorrhagie survenant à la suite d'une amputation de la cuisse; guérison, par le docteur Furner (1844).

Une femme de trente-sept ans eut la cuisse amputée pour un cancer du genou. Une hémorrhagie considérable survint, le pouls était devenu imperceptible, le collapsus était général, l'état syncopal presque complet. Cinq onces de sang furent transfusés; le succès de l'opération fut immédiat; la peau redevint chaude, et la malade guérit. (Th. de Paris, 1844, nº 214, p. 19. Carré.)

VIe Observation.

Transfusion du sang faite pour une hémorrhagie de la saphène à la suite d'un effort; guérison, par le docteur Sacristan (1851).

Une jeune femme de vingt-six ans, enceinte de six mois et demi, affectée de varices, fit un effort qui détermina une déchirure de la saphène; il survint une hémorrhagie qui produisit bientôt une syncope telle, que la malade était sans pouls et que l'on éprouvait à peine quelques battements sourds dans la région précordiale. Après avoir essayé de la ranimer en approchant de l'ammoniaque dans ses narines et en appli-

quant des répercussifs sur le ventre, M. Sacristan proposa et pratiqua la transfusion; il ouvrit une veine du bras et injecta six onces de sang. Deux minutes après, la malade commença à s'agiter; elle ouvrit les yeux, et fut prise d'envie de vomir. Le pouls commença à battre. Six heures après, on put compter les pulsations (109 par minute); la malade répondait aux questions, et la chaleur reparaissait. Dans la nuit, il y eut un avortement; le fœtus était mort et putréfié. Un moment après, on put croire qu'elle ne succombât à la suite de cette grave complication. Néanmoins, elle reprit ses forces; le septième jour, elle prenait des aliments; et bien que la convalescence fût interrompue par une fièvre violente provoquée par une imprudence, un mois après l'opération, le rétablissement était complet.

VIIe Observation.

Transfusion pratiquée chez un malade épuisé par une hémorrhagie secondaire consécutive à un phlegmon de la cuisse; succès primitif; mort par suite d'une pneumonie, par le docteur Simon.

Un homme de quarante ans était entré dans les salles de M. le docteur Simon, le 6 mars 1851, pour une plaie contuse de la cuisse, résultat d'un accident. Bien que les parties molles fussent profondément intéressées, M. Simon, trouvant le malade avec les apparences d'une santé robuste, voulut tenter de sauver le membre. Lorsque la suppuration fut établie, on le mit à un régime fortifiant; néanmoins des abcès se formèrent, qui furent ouverts; il survint une suppuration dans le tissu cellulaire et un érysipèle; des trajets fistuleux s'étaient ouverts, par lesquels s'échappaient du pus et des lambeaux de tissu cellulaire mortifié : un de ces trajets était situé à la partie interne de la cuisse au dessus du genou, l'autre au dehors.

Le 9 avril, il survint tout à coup une hémorrhagie terrible, pour laquelle on pratiqua aussitôt la compression de la fémorale; cela n'empêcha pas que lorsque M. Simon arriva, il trouva le malade presque expirant. Songeant aussitôt à la transfusion, il profita de la bonne volonté d'un élève, M. Chaldecotte, qui donna son bras pour une saignée, et seize onces de sang furent injectées immédiatement dans une des veines du bras. L'effet de cette injection fut des plus remarquables; le malade semble renaître. M. Simon lia néanmoins l'artère fémorale au pli de l'aisselle, en attendant qu'il pût pratiquer l'amputation de la cuisse. Contre toute attente, les stimulants et la transfusion avaient ranimé ce pauvre malade, au point que M. Simon pût pratiquer l'amputation deux jours après. Cette opération fut faite après avoir préalablement endormi le malade et après avoir fait comprimer les parties molles par des aides, afin d'éviter la perte de sang. On reconnut, par l'examen du

membre, que la paroi interne de l'artère s'était ouverte et avait donné issue au sang.

Le malade avait très bien supporté l'opération, et tout alla parfaitement jusqu'au 13 avril, où la faiblesse devint telle, que M. Simon, qui avait déjà prévu cette éventualité, pratiqua une nouvelle transfusion du sang, mais sans succès; la mort eut lieu le même jour, quatorze heures après la deuxième transfusion.

L'autopsie montra que les poumons étaient enflammés dans une grande étendue, et leur tissu ramolli et friable. (*Union médicale,* 26 avril 1851.)

Les bons effets immédiats produits par la transfusion sont incontestables dans le fait de M. Simon; la mort n'est arrivée, en effet, qu'au cinquième jour, et alors que l'introduction du sang dans les vaisseaux avait ranimé la vie et permis de pratiquer l'amputation. Le malade a succombé à une pneumonie étendue qui avait déterminé le ramollissement et la friabilité du tissu pulmonaire. On serait peut-être en droit de se demander si l'injection de seize onces de sang en une fois n'a pas pu contribuer, dans une certaine mesure, à produire cette lésion de l'appareil respiratoire! Il est à remarquer, du reste, que les effets avantageux de la transfusion ne sont durables que lorsque les quantités de sang introduites à la fois sont peu considérables; il vaut mieux faire plusieurs injections à des intervalles assez rapprochés, que d'en faire une seule dont la dose soit trop élevée. L'opération réussit habituellement dans ces circonstances. Quoi qu'il en soit, chez le malade de M. Simon la transfusion n'a pas été sans avantage.

VIII[e] Observation.

Tumeur cancéreuse de la région maxillaire; opération; transfusion; insuccès, par le docteur Maisonneuve.

Au mois de mai 1854, M. Maisonneuve lia, pour enlever une tumeur de la région maxillaire, la carotide droite chez un homme. Quelque temps après, il survint une hémorrhagie grave qui mit les jours du malade en danger. On eut recours à la transfusion avec l'appareil de M. Mathieu, qui y assistait, et en présence de MM. Lucien, Boyer, Marc Sée. M. Maisonneuve prit du sang chez un sujet jeune et vigoureux, et commença l'opération. Le malade se sentit mieux d'abord, mais il succomba peu de temps après. La quantité de sang injecté n'est pas

indiquée, mais elle fut considérable, car à l'autopsie on trouva des symptômes généraux de congestion.

IXe Observation.

Hémorrhagie grave à la suite de l'excision d'un polype naso-pharyngien; syncope prolongée; emploi de la transfusion du sang et des lavements de vin; guérison, par M. le docteur Michaux.

Un jeune homme de dix-sept ans portait depuis trois ans un polype fibreux naso-pharyngien. Des hémorrhagies souvent répétées et parfois abondantes, la gêne dans la respiration et la déglutition, et quelques maladies intercurrentes, avaient considérablement affaibli notre malade. Il était très anémique. J'ai d'abord essayé la ligature du polype qui ne m'a pas réussi. Après plusieurs explorations, j'estimais que cette production accidentelle devait être attaquée par l'excision combinée à un arrachement modéré, après avoir préalablement créé une voie à travers le voile mobile et la voûte du palais (procédé de M. Nélaton). Toutes les précautions devaient être prises pour prévenir une perte de sang considérable; l'opération devait donc être faite avec célérité *(citò);* aussi, elle fut achevée en trois minutes.

L'excision et l'arrachement du polype furent suivis d'une hémorrhagie foudroyante; un flot de sang sortait de la bouche. Un cautère chauffé à blanc fut éteint sur l'insertion du polype. Lorsque je voulus faire usage d'un second cautère, je m'aperçus que les yeux tournaient dans l'orbite, et que mon opéré s'affaissait. Tous les assistants crurent qu'il mourait. J'introduisis aussitôt deux doigts dans l'arrière-bouche pour comprimer le point d'où le sang sortait. Je renversai la tête en avant, et je couchai le malade sur le ventre, la tête étant dans la déclivité. Cette position devait empêcher le sang de tomber dans les voies aériennes. Des boulettes de charpie imbibées de perchlorure de fer furent successivement portées et maintenues avec les doigts sur la source de l'hémorrhagie. En même temps, je fis ouvrir les fenêtres de mon amphithéâtre; je jetai de l'eau fraîche sur la face, tandis que mes aides faisaient respirer de l'ammoniaque et pratiquaient des frictions avec de la teinture de cannelle, de quinquina, et même avec l'ammoniaque.

Après avoir employé ces moyens pendant quelques minutes (12 à 15), l'hémorrhagie s'arrêta complétement, et le jeune homme s'éveilla un peu. Je profitai de ce moment pour lui faire avaler trois cuillerées de vin dans lesquelles on avait mis de la teinture de cannelle. Cependant, le pouls était à peine perceptible et très irrégulier, la peau restait froide, les yeux fermés. L'orage était loin d'être passé. Je le fis transporter sur le lit bassiné qui lui avait été préparé dans un cabinet particulier pour lui continuer les soins. Des cruchons remplis d'eau chaude furent placés

autour du malade, des sinapismes promenés sur la surface du corps, la pommade de Gondret appliquée sur la région précordiale, des frictions sur les points non couverts de sinapismes, furent les moyens excitants auxquels nous eûmes recours. Je fis prendre 30 gouttes de laudanum dans la teinture de cannelle, moyen que j'ai vu employé avec beaucoup de succès par mon collègue et ami M. Hubert dans les métrorrhagies graves.

Malgré tous ces moyens, le jeune homme restait froid, le pouls très petit, les yeux fermés, et le râle des agonisants commençait. La transfusion fut proposée. J'acceptai immédiatement cette idée. Un infirmier bien portant, sanguin, donna bien volontiers de son sang. Je mis à découvert la veine médiane basilique droite sur mon opéré, chez qui les veines du pli du bras étaient peu développées. On saigna l'infirmier; le sang fut recueilli dans un vase plongé dans l'eau chaude, et fut pris au moyen d'une petite seringue en verre pour être injecté doucement dans la veine de l'opéré, que j'avais ouverte longitudinalement. Toutes les précautions furent prises pour que l'air ne fût pas introduit dans la veine, soit par l'injection, soit pendant les intervalles de l'injection; 4 onces de sang environ furent injectées. Le malade parut un peu mieux après la transfusion, mais le mieux était peu marqué. Enfin, nous fîmes passer trois lavements de 4 à 5 onces de vin ordinaire et d'une once d'alcool. Les excitants à la surface de la peau furent continués. J'introduisis une sonde dans le pharynx pour faire avaler un peu de vin et de la teinture de cannelle. On éveillait souvent le malade pour l'encourager, le ranimer et le mettre en quelque sorte en garde contre la mort. Insensiblement, la vie revint, et, vers trois heures de relevée, nous avions l'espoir de sauver notre opéré.

L'opération avait été faite vers dix heures du matin. Le mieux continua, une douce réaction s'établit; on donna du bouillon par la bouche et en lavements, etc.

Voilà maintenant quatre jours révolus que l'opération a été faite; aucun autre accident que la syncope n'est survenu.

Le jeune homme resta à l'hôpital jusqu'au 20 mars. A cette date, il avait repris des forces, mais il était encore trop faible pour supporter l'acte opératoire nécessaire pour détruire le reste du polype naso-pharyngien. Je renvoyai mon malade à la campagne où il devait trouver un bon air à respirer et un bon régime, car il n'appartenait pas à la classe pauvre de notre contrée. Je l'engageai à revenir nous trouver dès qu'il aurait complétement réparé les pertes de sang qu'il avait subies.

Le malade rentra à l'hôpital le 20 octobre, et, après plusieurs tentatives infructueuses, je parvins le 5 décembre dernier à enlever complétement le polype en combinant l'excision, l'arrachement, la rugination et

la cautérisation actuelle. Aucun accident n'est survenu à la suite de cette dernière opération, qui, je l'espère, aura pour résultat une guérison définitive. — Depuis un an, ce malade s'est beaucoup développé. — Le 4 février 1860, après avoir bien exploré la région occupée par le polype et n'ayant trouvé aucune apparence de reproduction morbide, j'ai renvoyé ce jeune homme chez ses parents. (*Bulletin de Thérapeutique*, t. LVIII, p. 162. 1860.)

Xe Observation.

Transfusion de sang; guérison.

Le docteur Higginson rapporte, au milieu d'une discussion sur le traitement des plaies artérielles, le fait suivant :

J. C..., cinquante-un ans, charpentier de navires, entre à l'hôpital du Midi de Liverpool (mai 1860). Inflammation de la face antérieure de l'avant-bras gauche.

Le 15, incision des tissus infiltrés; la suppuration s'établit, mortification des parties. Au préalable, il y avait eu deux hémorrhagies; plus tard, une troisième. Ligature de l'humérale au pli du bras; l'hémorrhagie cesse, mais l'état du membre devient grave et nécessite l'amputation. Toutefois, la faiblesse générale s'oppose à cette opération. Transfusion décidée. Higginson injecte dans les veines des avant-bras sains trois cent soixante grammes de sang. Amélioration immédiate. Le lendemain, 18 juin, amputation. Le 24, jambes et aisne gauche se tuméfient, couleur pourpre. La circulation du sang parut interceptée, mais cet état se dissipe sous l'influence de frictions graisseuses et de régime lacté et alcoolique. Le malade guéri quitte l'hôpital, trois mois après son admission. (*Liverpool Médical institution*, 6 février 1863. — *Gazette*. Lyon, 16 mars 1863.)

HÉMORRHAGIES TRAUMATIQUES.

ANNÉES.	Noms des Auteurs.	CAUSES qui ont nécessité la transfusion.	SUCCÈS.	INSUCCÈS.	OBSERVATIONS SUR LES INSUCCÈS.
1829	Danyau.	Fracture compliquée de la jambe. Hémorrhagie consécutive.	»	1*a*	*a* Succès primitif. Mort par des suite de l'amputation immédiate de la suppuration et de la gangrène du moignon.
1830	Roux.	Hémorrhagie par une blessure de la veine sous-clavière.	»	1*b*	*b* Mort immédiate par suite de l'introduction d'une énorme quantité de sang. L'autopsie démontra que toutes les veines étaient congestionnées.
1833	Scott.	Ablation d'une tumeur du cou.	»	1*c*	*c* Dix onces de sang injectées à une jeune fille de 14 ans; blessure de la jugulaire pendant l'opération; la mort fut assez rapide pour qu'on soit autorisé à penser qu'elle a été occasionnée par l'entrée spontanée de l'air dans les veines.
1839	Samuel Lane.	Opération du strabisme.	1	»	
1844	Furner.	Hémorrhagie survenue à la suite d'une amputation de la cuisse.	1	»	
1851	Dr Sacristan.	Hémorrhagie de la saphène, survenue à la suite d'un effort violent.	1	»	
—	Dr Simon.	Hémorrhagie consécutive à un phlegmon de la cuisse.	»	1*d*	*d* Succès primitif. Mort le 5e jour à la suite d'une pneumonie étendue, démontrée par l'autopsie.
1854	Dr Maisonneuve.	Tumeur cancéreuse de la région maxillaire. Extirpation, hémorrhagie.	»	1*e*	*e* L'autopsie a démontré une congestion générale des organes, qui peut faire supposer que la quantité de sang injecté a été trop considérable, comme dans le cas de M. Roux.
1859	Michaud de Louvain	Hémorrhagie à la suite de l'excision d'un polype naso-pharyngien-syncose.	1	»	
1863	Higginson.	Plaie artérielle.	1	»	
			5	5	

Il résulte de l'examen de ce tableau que, dans 10 cas de transfusion du sang pratiquée pour des hémorrhagies traumatiques, le succès a été obtenu complet, 5 fois : 2 fois elle a remédié aux accidents de l'hémorrhagie en ramenant à la vie des malades qui ont succombé plus tard, l'un par suite d'une amputation (suppuration et gangrène du moignon), l'autre à la suite d'une pneumonie très étendue.

L'autopsie de 2 malades, parmi les 3 qui ont succombé, a prouvé que la mort avait été le résultat, non pas de la transfusion, mais de la manière dont elle avait été faite et de la trop grande

quantité de sang injecté à la fois dans les veines. L'examen cadavérique de la petite fille soignée par Scott n'a pas été fait, mais tout permet de supposer qu'il y a eu chez elle une introduction de l'air dans les vaisseaux.

On le voit, dans les hémorrhagies traumatiques comme dans les métrorrhagies, la transfusion du sang a rendu véritablement service aux malades.

TROISIÈME GROUPE.

Observations de transfusion dans les cas d'anémie pour causes diverses.

Ire OBSERVATION.

Transfusion du sang dans un cas d'émaciation; succès, par le docteur Clark (1843).

Le sujet de cette Observation est un négociant qui avait l'habitude de voyager pour les affaires de son commerce; il avait été vigoureux et actif, et avait mené la vie que mènent les gens de sa profession, toutefois avec un peu plus de sobriété. Lorsque le docteur Clark le vit pour la première fois, le 11 janvier 1843, il était devenu faible et maladif depuis deux ans; il avait commencé par éprouver des symptômes de dyspepsie, qui furent bientôt suivis d'affaiblissement et d'émaciation, et il en était arrivé au dernier degré de marasme. Son pouls était tremblotant et à peine sensible; le moindre mouvement causait des palpitations qui allaient jusqu'à la syncope. Cependant, les organes thoraciques n'accusaient aucune douleur physiquement appréciable. Il se déposait au fond du vase un sédiment blanchâtre abondant, qui rougissait légèrement et disparaissait par l'addition d'un alcali étendu d'eau. Il fut convenu, dans une consultation de médecins, d'avoir recours à un régime fortifiant.

Malheureusement l'estomac ne supportait les aliments qu'en petite quantité, et finit même par ne pas les supporter du tout; on craignait à chaque instant une syncope mortelle. Dans cette extrémité, on résolut d'essayer les effets de la transfusion du sang.

Seize onces de sang furent fournies par un jeune homme sain et vigoureux, domestique du malade, et furent injectées dans les veines de ce dernier par M. Clark, avec toute l'habileté désirable. *La vie reparut à l'instant sur les traits du malade.* Le lendemain, il était beaucoup plus fort; il se plaignait même d'une sensation de pesanteur à la tête. Quelques gouttes de sang s'échappaient de temps en temps de ses narines. Ces légers accidents ne tardèrent pas à se dissiper; l'appétit revint

HÉMORRHAGIES TRAUMATIQUES.

ANNÉES.	Noms des Auteurs.	CAUSES qui ont nécessité la transfusion.	SUCCÈS.	INSUCCÈS.	OBSERVATIONS SUR LES INSUCCÈS.
1829	Danyau.	Fracture compliquée de la jambe. Hémorrhagie consécutive.	»	1*a*	*a* Succès primitif. Mort par des suite de l'amputation immédiate de la suppuration et de la gangrène du moignon.
1830	Roux.	Hémorrhagie par une blessure de la veine sous-clavière.	»	1*b*	*b* Mort immédiate par suite de l'introduction d'une énorme quantité de sang. L'autopsie démontra que toutes les veines étaient congestionnées.
1833	Scott.	Ablation d'une tumeur du cou.	»	1c	c Dix onces de sang injectées à une jeune fille de 14 ans; blessure de la jugulaire pendant l'opération; la mort fut assez rapide pour qu'on soit autorisé à penser qu'elle a été occasionnée par l'entrée spontanée de l'air dans les veines.
1839	Samuel Lane.	Opération du strabisme.	1	»	
1844	Furner.	Hémorrhagie survenue à la suite d'une amputation de la cuisse.	1	»	
1851	Dr Sacristan.	Hémorrhagie de la saphène, survenue à la suite d'un effort violent.	1	»	
—	Dr Simon.	Hémorrhagie consécutive à un phlegmon de la cuisse.	»	1*d*	*d* Succès primitif. Mort le 5e jour à la suite d'une pneumonie étendue, démontrée par l'autopsie.
1854	Dr Maisonneuve.	Tumeur cancéreuse de la région maxillaire. Extirpation, hémorrhagie.	»	1*e*	*e* L'autopsie a démontré une congestion générale des organes, qui peut faire supposer que la quantité de sang injecté a été trop considérable, comme dans le cas de M. Roux.
1859	Michaud de Louvain	Hémorrhagie à la suite de l'excision d'un polype naso-pharyngien-syncose.	1	»	
1863	Higginson.	Plaie artérielle.	1	»	
			5	5	

Il résulte de l'examen de ce tableau que, dans 10 cas de transfusion du sang pratiquée pour des hémorrhagies traumatiques, le succès a été obtenu complet, 5 fois : 2 fois elle a remédié aux accidents de l'hémorrhagie en ramenant à la vie des malades qui ont succombé plus tard, l'un par suite d'une amputation (suppuration et gangrène du moignon), l'autre à la suite d'une pneumonie très étendue.

L'autopsie de 2 malades, parmi les 3 qui ont succombé, a prouvé que la mort avait été le résultat, non pas de la transfusion, mais de la manière dont elle avait été faite et de la trop grande

quantité de sang injecté à la fois dans les veines. L'examen cadavérique de la petite fille soignée par Scott n'a pas été fait, mais tout permet de supposer qu'il y a eu chez elle une introduction de l'air dans les vaisseaux.

On le voit, dans les hémorrhagies traumatiques comme dans les métrorrhagies, la transfusion du sang a rendu véritablement service aux malades.

TROISIÈME GROUPE.

Observations de transfusion dans les cas d'anémie pour causes diverses.

Ire OBSERVATION.

Transfusion du sang dans un cas d'émaciation; succès, par le docteur Clark (1843).

Le sujet de cette Observation est un négociant qui avait l'habitude de voyager pour les affaires de son commerce; il avait été vigoureux et actif, et avait mené la vie que mènent les gens de sa profession, toutefois avec un peu plus de sobriété. Lorsque le docteur Clark le vit pour la première fois, le 11 janvier 1843, il était devenu faible et maladif depuis deux ans; il avait commencé par éprouver des symptômes de dyspepsie, qui furent bientôt suivis d'affaiblissement et d'émaciation, et il en était arrivé au dernier degré de marasme. Son pouls était tremblotant et à peine sensible; le moindre mouvement causait des palpitations qui allaient jusqu'à la syncope. Cependant, les organes thoraciques n'accusaient aucune douleur physiquement appréciable. Il se déposait au fond du vase un sédiment blanchâtre abondant, qui rougissait légèrement et disparaissait par l'addition d'un alcali étendu d'eau. Il fut convenu, dans une consultation de médecins, d'avoir recours à un régime fortifiant.

Malheureusement l'estomac ne supportait les aliments qu'en petite quantité, et finit même par ne pas les supporter du tout; on craignait à chaque instant une syncope mortelle. Dans cette extrémité, on résolut d'essayer les effets de la transfusion du sang.

Seize onces de sang furent fournies par un jeune homme sain et vigoureux, domestique du malade, et furent injectées dans les veines de ce dernier par M. Clark, avec toute l'habileté désirable. *La vie reparut à l'instant sur les traits du malade.* Le lendemain, il était beaucoup plus fort; il se plaignait même d'une sensation de pesanteur à la tête. Quelques gouttes de sang s'échappaient de temps en temps de ses narines. Ces légers accidents ne tardèrent pas à se dissiper; l'appétit revint

bientôt, les forces reparurent graduellement, les urines reprirent un meilleur aspect sous l'influence de boissons alcalines, de l'eau ferrée et de quelques bouteilles d'une solution de citrate de fer. Après deux ou trois mois de traitement, le malade put reprendre sa profession habituelle, qu'il exerce encore aujourd'hui. (*Annales de la Chirurgie française,* février 1844. — *Bulletin de Thérapeutique,* t. XXVI, p. 239. 1844.)

IIe Observation.

Affaiblissement survenu à la suite de saignées successives; transfusion opérée avec du sang d'agneau; guérison, par Denis (1665).

Chez un jeune homme de seize ans, qui, à la suite d'une fièvre qui avait duré deux mois et dans le cours de laquelle il avait été saigné vingt fois, était resté dans la stupeur et la somnolence, Denis tira trois onces de sang et lui tranfusa neuf onces de sang artériel d'agneau. Le jeune garçon perdit trois ou quatre gouttes de sang par le nez, puis il redevint calme. Son sommeil cessa d'être agité; il acquit plus de force et d'agilité dans les membres, prit de l'embonpoint, et cela toujours de mieux en mieux jusqu'à guérison complète. (*Journal des Savants,* déjà cité.)

IIIe Observation.

Dans un ouvrage intitulé : *De Nova et inaudita medico chirurgico operatione,* Romæ 1668, Manfredi de Lucques rapporte l'Observation d'un vieillard très faible, auquel il pratiqua avec succès la transfusion avec du sang d'agneau, et par une canule intermédiaire placée dans la veine du bras.

IVe Observation.

Hémorrhagies multiples par les yeux et le nez, la bouche et l'estomac; transfusion; guérison, par les docteurs Uyterroheven et Bougard (1848).

Une femme de trente ans, affectée depuis quatre années de continuelles hémorrhagies par les yeux, le nez, la bouche, l'estomac, les bronches et les parties génitales, le conduit auditif et les mamelles, qui avait même une espèce de sueur de sang, et qui avait été traitée sans succès par une infinité de moyens et par un nombre considérable de médecins, fut soumise à la transfusion par MM. Uyterroheven et Bougard; ils injectèrent d'abord dans la céphalique deux onces et demie de sang, qui produisirent une sensation de chaleur du haut du bras à la poitrine, firent tomber le pouls de 108 à 88, et amenèrent un grand soulagement. Nouvelle injection de deux onces de sang. Amélioration progressive. On fit même une troisième injection, qui fut suivie d'un état satisfaisant. La malade se levait, et déjà elle était sur le point de quitter l'hôpital, lorsqu'elle fut prise d'une

métrorrhagie grave à la suite d'une suppuration péritonéale, à laquelle elle succomba quatre mois après la transfusion. (*Journal de Bruxelles*, 1848. — *Gazette médicale*, p. 132. 1850.)

Ve Observation.

Transfusion du sang dans un cas d'anémie; mort, par M. le professeur Monneret (1843).

Il s'agit d'une jeune femme de vingt-huit ans, en proie depuis son enfance à de fréquentes et abondantes hémorrhagies qui étaient réduites depuis peu à un simple suintement vaginal sanguin, alternant avec des pétéchies, et qui se trouvait réduite au plus extrême état d'anémie au moment où elle est entrée à l'hôpital.

L'état de la malade s'aggravant de jour en jour, malgré l'emploi d'un traitement tonique, M. Monneret, après s'être assuré de l'intégrité des viscères, se décida à pratiquer la transfusion.

L'opération fut pratiquée le 7 octobre; on injecta 120 grammes de sang défibriné. La malade supporta bien cette opération; elle n'éprouva aucune sensation particulière pendant toute la durée de l'injection; le pouls s'était même relevé. Néanmoins, quelques heures après, il survint une grande agitation avec soif ardente, bientôt suivie de refroidissement des extrémités, affaiblissement graduel, et la malade succomba.

A l'autopsie, on constata diverses lésions, telles que la flaccidité, la mollesse et la pâleur de presque toutes les muqueuses, de nombreuses pétéchies à la surface de la plupart des organes, qui appartenaient toutes exclusivement, suivant M. Monneret, à l'anémie; il ne découvrit aucune altération qui pût être attribuée à la transfusion. Aucune hémorrhagie intérieure n'avait eu lieu, aucune concrétion fibrineuse ne s'était formée pendant la vie, ni dans le cœur ni dans les gros vaisseaux. Le sang, examiné au microscope pendant la vie et pendant la mort, n'a offert aucune altération spéciale, ni dans ses globules ni dans la fibrine. (Acad. des Sciences, séance du 14 octobre 1851. — *Gazette médicale*, p. 644. 1851.)

Les réflexions dont M. Monneret fait suivre l'Observation que je viens de rapporter, peuvent se résumer ainsi :

1° Aucun phénomène cadavérique ne pouvait faire croire, au premier examen, que la transfusion avait été la cause de la mort;

2° Il n'admet pas que le procédé opératoire employé par lui ait été défectueux, car il a eu le soin, et il insiste beaucoup sur ce

point, de défibriner le sang comme Muller le conseille, ainsi que les physiologistes modernes, Dieffenbach, Bischoff, Brown;

3° De plus, il avait injecté 120 grammes de sang.

Malgré tout cela, la malade a succombé. Il termine par cette réflexion :

« Ce qui rendra toujours la transfusion du sang une opération antiphysiologique, ce n'est pas seulement parce qu'on introduit un sang dont les globules, la fibrine, et probablement d'autres principes immédiats sont altérés, mais parce qu'on ajoute à un organisme un liquide élaboré, modifié, préparé par un organisme qui ne ressemble pas à l'autre. »

La réponse à toutes ces objections est bien facile.

Les détails fournis par M. Monneret démontrent que l'examen cadavérique n'a permis de constater aucune lésion qu'on pût attribuer à la transfusion, tandis qu'il en existait, que l'auteur lui-même regarde comme la conséquence de l'anémie.

Cela nous suffit pour affranchir la transfusion de la terminaison fatale. Lorsqu'une altération s'est produite peu à peu par des hémorrhagies successives répétées fréquemment, et cela pendant des années nombreuses, et que l'anémie est arrivée à l'extrême, est-il possible, est-il rationnel de penser que 120 grammes de sang vont faire disparaître rapidement un pareil état maladif? Il y a bien loin de l'anémie qui résulte d'une perte immédiate de sang, quoique très considérable, à celle qui se produit lentement et par suite de petites pertes répétées? La transfusion faite aux dernières limites de la vie, ne peut réussir mieux que les autres moyens mis en usage. En eût-il été de même, si, au lieu d'attendre, on eût depuis longtemps pratiqué des transfusions multiples? J'aime à croire que non. Ce qui est important dans un cas de ce genre, c'est de constater, à l'autopsie, que si la transfusion n'a pas empêché la mort, elle ne l'a pas du moins occasionnée.

Je ne chercherai pas à démontrer que s'il existe une opération physiologique, c'est à coup sûr la transfusion; je me contenterai d'opposer à cette opinion de M. Monneret, les faits nombreux de guérison, de véritables résurrections opérés par elle, et qui sont mentionnés dans la première partie de ce Mémoire. M. Monneret répond, il est vrai, qu'il n'est pas certain que, dans tous les cas où elle a eu lieu, la guérison ait été produite par la transfusion. Si les

chirurgiens appelés chez les malades qui ont été transfusés, avaient tout d'abord pratiqué cette opération, M. Monneret pourrait être autorisé à exprimer ses doutes sur la cause du succès; mais qu'on relève toutes les Observations de métrorrhagie, et l'on verra que ce n'est qu'après avoir mis en usage tous les moyens classiques habituellement employés, qu'on a eu recours à la transfusion comme ressource extrême. Or, les malades ont été sauvées; n'est-ce pas la transfusion qui les a guéries?

VIe OBSERVATION.

Chlorose avec irritation cérébro-spinale; transfusion; guérison, par le docteur Giovanni Polli (1851).

Une jeune demoiselle était affectée depuis plusieurs années d'une chlorose avec irritation cérébro-spinale, pour laquelle on lui avait fait plus de trois cents saignées; elle avait été aussi traitée par le quinquina, les ferrugineux, les toniques, les dépuratifs, les narcotiques, les résolutifs; elle avait été martyrisée de toutes les manières par des révulsifs appliqués sur tous les points du corps, et tout cela sans avantage, puisque la menstruation était devenue de plus en plus rare et difficile, surtout depuis deux ans; la digestion languissante, la nutrition imparfaite, la peau d'un jaune-pâle, presque ictérique. La malade traînait ainsi une existence douloureuse, abandonnait son lit de temps en temps, mais pour être reprise quelques jours après d'irritations congestives de la tête ou de la poitrine, qui obligeaient les médecins à la priver de nouveau du peu de forces qu'elle avait pu rassembler.

Depuis quinze jours, la malade gardait le lit avec une toux sèche et fatigante, accompagnée de fièvre le soir. Elle avait déjà été saignée trois fois sans aucune diminution dans les symptômes.

M. Giovanni Polli proposa la transfusion. Quatre onces de sang *défibriné* par le battage furent introduites par la veine médiane céphalique droite. Bientôt après, trois onces furent de nouveau introduites.

Le lendemain de l'opération, la toux avait disparu. Trois jours après, elle put se lever; le quatrième jour, elle quittait la chambre pour aller gagner le bateau à vapeur, sur lequel elle s'embarqua pour faire un voyage d'agrément.

L'opération avait été faite le 20 octobre, et à la fin de décembre M. G. Polli reçut une lettre de cette demoiselle, annonçant qu'elle était parfaitement guérie, et que la menstruation, suspendue depuis longtemps, s'était rétablie; elle n'hésitait pas à rapporter la guérison à la transfusion. M. G. Polli reçut même de ses nouvelles le 15 février 1852, et la

guérison ne s'était pas démentie. (*Archives de Médecine*, 1852, p. 342.)

Est-il possible, après la lecture de cette Observation, de considérer la transfusion du sang comme une opération antiphysiologique?

VIIe OBSERVATION.

Extrême prostration causée par l'allaitement prolongé de deux jumeaux; transfusion; guérison, par le docteur Higginson (1855).

L'épuisement était extrême; la malade s'évanouissait chaque fois qu'elle levait la tête de l'oreiller; elle était considérée comme devant mourir dans la nuit. L'auteur injecta douze onces de sang pris d'une personne robuste; le calme arriva, le pouls s'améliora; la malade semblait dormir, mais quelques minutes après il survint une grande raideur, qui heureusement ne dura pas. La réaction se fit, la malade chanta une hymne à haute voix, et se rétablit complètement.

VIIIe OBSERVATION.

Manie, refus de prendre des aliments, épuisement; transfusion; mort, par le docteur Higginson (1857).

Le pouls avait disparu des artères radiales; une femme fournit une quantité suffisante de sang; le pouls revint à intervalles, la respiration se faisait mieux, et l'expression de la physionomie était meilleure. Vingt onces de sang au plus avaient été injectées. Le jour suivant, la malade paraissait mieux; mais bientôt les symptômes s'aggravèrent, et elle mourut. Le cœur contenait du sang noir. (Les deux Observations précédentes se trouvent dans les *Archives de Médecine*, 5e série, t. X, p. 346. 1857.)

M. Neudefer vient de faire de nouvelles expériences de transfusion du sang, à l'hôpital San Spirito de Vérone, sur les blessés de l'armée autrichienne : les sujets étaient tous dans des conditions extrêmement désespérées; ils étaient réduits au dernier degré de marasme par des suppurations interminables, suite de blessures par armes à feu. La perte complète de l'appétit et du sommeil faisait du rétablissement par les ressources diététiques ordinaires une impossibilité.

La transfusion fut tentée avec toutes les précautions exigées; le sang était injecté, défibriné, et maintenu à une température convenable; sa quantité ne dépassait pas trois ou quatre onces; les cinq sujets qui subirent cette opération accusèrent une sensation agréable de chaleur,

s'étendant du bras où se faisait l'injection vers la poitrine. L'état général présenta une amélioration manifeste; le pouls prenait plus d'ampleur et de force; les malades jouissaient d'un sommeil réparateur que les préparations narcotiques n'avaient pu leur donner jusque-là; l'appétit se réveillait. L'amélioration de l'état général persista chez tous pendant cinq à huit jours; elle eut même une durée de dix jours, à la suite de la deuxième transfusion, chez un sujet sur lequel cette opération fut répétée. Mais là s'arrêta l'effet bienfaisant de la transfusion. A partir de ce moment, les malades retombèrent dans l'état désespéré qui avait motivé l'essai thérapeutique. Sur les cinq opérés, quatre moururent après quatre semaines : celui qui fut soumis deux fois à la transfusion vécut cinq semaines. La vie de ces malades ayant paru être prolongée de quelques jours au moins, M. Neudefer se proposait de poursuivre ses expériences lorsqu'un sixième malade mourut peu après l'opération.

Ce résultat funeste est rapporté par l'auteur à la nature du sang pris sur un sujet qui se trouvait sous l'imminence d'un accès de goutte. M. Neudefer pense que le sang vicié par la diathèse d'acide urique a dû agir à la manière d'un poison. (*Bulletin de Thérapeutique,* t. LIX, p. 578. 1860.)

Des cinq faits signalés par M. Neudefer découle un grand enseignement : les malades étaient arrivés à un état de faiblesse extrême, épuisés par des suppurations abondantes et réduits au dernier degré de marasme; l'appétit était complètement nul, et la perte de sommeil absolue. Sous l'influence de la transfusion, le sommeil a reparu avec l'appétit, et l'état général s'est sensiblement amélioré. Cette amélioration n'a été que passagère, il est vrai; mais bien que passagère, elle a été incontestablement le résultat de la transfusion. Dès lors n'est-on pas en droit de penser que si elle avait été pratiquée plus tôt, à une époque où la vie était moins prête à s'éteindre, le changement heureux apporté par elle dans l'état des malades, au lieu d'être momentané, serait devenu définitif? Faudra-t-il donc attendre que la mort soit prête à arriver pour recourir à cette opération dans des cas semblables?

Tableau des transfusions dans des cas d'anémies, par causes diverses.

ANNÉES.	Noms des Auteurs.	MALADIES.	SUCCÈS.	INSUCCÈS.
1665	Denis.	Affaiblissement survenu à la suite de saignées successives. Transfusion du sang d'agneau.	1	»
1668	Manfredi, de Lucques.	Affaiblissement, suite de vieillesse.	1	»
1843	Dr Clark.	Cas d'émaciation.	1	»
1848	Bougard et Uytercbœvez	Hémorrhagies multiples.	1	»
1843	Profr Monneret.	Anémie poussée aux limites extrêmes.	»	1
1851	Giovanni Polli.	Chlorose avec irritation, cérébrose spinale.	1	»
1857	Higginson.	Extrême prostration par l'allaitement prolongé de deux jumeaux.	1	»
—	Higginson.	Manie. Refus de prendre des aliments.	»	1
1860		Six observations de M. Neufdœrfer dans des suppurations abondantes, ayant conduit les malades au marasme le plus complet, cinq améliorations.	»	1
			6	3

14 cas... { 6 guérisons. 5 améliorations. 3 morts.

QUATRIÈME GROUPE.

Transfusion du sang dans des cas de folie.

La première observation de folie traitée par la transfusion du sang est déjà connue : c'est celle de Mauroy, que Denys soumit à l'emploi de ce moyen. Je l'ai rapportée avec assez de détails au commencement de ce Mémoire pour n'avoir besoin que de la rappeler ici. On sait que c'est à la suite de cette opération que l'édit du Châtelet proscrivit la transfusion, malgré l'amélioration produite par elle, chez le malade.

IIe OBSERVATION.

Folie datant de six ans survenue à la suite d'une violente émotion morale; transfusion; amélioration, par le docteur Giovanni Polli.

M. Giovanni Polli rapporte cette observation en ces termes :

Le 17 octobre, une jeune fille affectée de folie à la suite de la douleur profonde que lui avait causée la perte de sa mère, et chez laquelle s'était

montrés également des accès *épileptiformes,* fut soumise à la transfusion. Une saignée fut pratiquée à une femme de quarante ans, robuste et affectée d'un commencement de rhumatisme. Le sang, défibriné par le bastage, fut tenu prêt pour l'injection. Giovanni Polli incisa la veine médiane *du bras gauche* dans une étendue de 5 à 6 millimètres environ, laissa écouler quelques onces de sang, chargea une petite seringue du sang défibriné, et commença l'injection. Il revint trois fois à cette opération, mettant quatre minutes de distance entre chaque injection. Une bonne partie de sang reflua, et il ne pénétra pas dans le vaisseau plus de 7 à 8 grammes de liquide. La malade ne donna aucun signe de douleur vive; elle se plaignit simplement d'une simple sensation de brûlure, qui remontait le long de la veine dans une étendue de quelques centimètres, et qui dura quelques heures, sensation qui devait être rapportée à l'introduction de la canule et à la formation d'un *thrombus.* La plaie fut traitée comme une plaie ordinaire; et deux jours après, la malade était complètement rétablie de la lésion locale.

Le 19 octobre, M. Polli découvrit la veine médiane céphalique gauche, et injecta du sang défibriné à la température de 12° centigrades; il parvint à faire pénétrer 12 grammes de sang. Une amélioration notable fut la conséquence de l'opération. (*Arch. de Médec.,* 1852, p. 342 et suiv.)

CINQUIÈME GROUPE.

Transfusion dans un cas de cancer du pylore, par Blundell; mort.

Chez un homme affecté d'un *squirrhe* du pylore, et réduit par des vomissements continus à une émaciation telle qu'il avait l'aspect d'un squelette, Blundell, après avoir résisté longtemps aux instances du malade, finit par pratiquer la transfusion. Il introduisit par la veine céphalique, et dans un intervalle de quarante minutes, 12 ou 14 onces de sang. Quelques heures après, le malade reprit une coloration meilleure, put remuer ses membres, et dit qu'il se sentait beaucoup mieux et beaucoup moins faible. Le lendemain, la prostration avait reparu, les vomissements et les évacuations s'étaient reproduits, et la mort eut lieu cinquante-six heures après l'opération. Le pylore et la partie supérieure du *duodénum étaient squinteux,* l'intestin grêle était induré. (*Medico-Chirurg., Transact.,* t. X, 1819. — *Archives de Médec.,* 1852, p. 335.)

L'Observation de Blundell est la seule dans laquelle la transfusion ait été faite pour combattre le cancer. Le résultat de l'opération n'étonnera pas; car s'il était permis de penser que ce moyen fût susceptible de modifier d'une manière avantageuse l'état d'un

manière évidente que le jugement défavorable porté contre la transfusion du sang, ne repose pas sur un examen attentif et raisonné de faits connus. Ils démontrent, au contraire, que cette méthode *constitue une arme puissante,* ainsi que je l'ai déjà dit, *entre les mains du chirurgien qui saura discerner les cas où l'application devra en être faite, et que sa place doit être marquée désormais parmi les opérations régulières les plus utiles de la chirurgie.*

Cette conclusion résume le but *de ce premier Mémoire,* où je me suis contenté de faire l'histoire de la transfusion au point de la physiologie et de la pathologie, cherchant ainsi à combler une lacune qui existe dans tous les traités classiques de chirurgie. Mais, je ne me le dissimule pas, bien des questions nouvelles se présentent, dont la solution est indispensable, pour que la transfusion puisse se répandre dans la pratique et soit définitivement acceptée par les chirurgiens. Ces questions, relatives à la température du sang injecté, à sa quantité, à sa coagulation, à la nécessité de la défibrination de ce liquide, ou à l'inutilité de cette manœuvre, ont été l'objet d'un grand nombre d'expériences qui m'ont conduit à des résultats curieux, et qui seront mentionnées *dans un second Mémoire.* Il était également indispensable d'affranchir la transfusion d'une des objections les plus sérieuses que l'on pût diriger contre elle, je veux parler *de l'entrée de l'air dans les veines.* La réponse à cette objection se trouve dans la Troisième Partie de *ce premier Mémoire.*

Mais ce n'est pas tout. Après avoir fixé le manuel opératoire et précisé d'une manière complète les conditions du succès, la question des indications devra se présenter. La transfusion, qui a amené de si bons résultats dans les hémorrhagies, ne pourra-t-elle pas, lorsqu'elle sera mieux connue, mieux exécutée, et surtout appliquée plus à propos, permettre au médecin de triompher de tous ces états maladifs dans lesquels le sang présente des altérations plus ou moins marquées; n'est-elle peut-être pas, enfin, le moyen le plus efficace de combattre les maladies diathésiques, telles que la phthisie, le cancer, etc., etc.? Ce sont-là, je le sais, des points difficiles à élucider, sur lesquels le doute règnera longtemps encore, mais que l'expérimentation peut seule éclairer.

jeune homme auquel du sang de bouc fut transfusé, et dont l'état parut s'améliorer sous l'influence de cette opération. Les détails sont trop incomplets pour qu'il soit nécessaire de faire une mention plus détaillée de ce fait.

Dans le huitième et dernier groupe se trouvent des cas de transfusion pratiquée pour des états maladifs *mal définis.*

Tels sont les faits rapportés dans la première partie de ce Mémoire, et publiés par Denys, Richard Lower, Ed. King, Manfred de Lucques.

De toutes ces Observations, dans lesquelles la transfusion ne paraît pas suffisamment motivée, découle ce fait important : L'*innocuité de la transfusion du sang.*

Tableau résumant tous les cas de transfusion relatés dans ce Mémoire.

NATURE DES CAS dans lesquels la transfusion a été faite.	NOMBRE de cas.	SUCCÈS.	INSUCCÈS déterminés par des causes appréciables.	INSUCCÈS complets.
1° Métrorrhagie	46	38	3	5
2° Hémorrhagies traumatiques et traumatismes divers	10	5	5	»
3° Anémies, chlorose	14	6	5	3
4° Phthisie	1	1	»	»
5° Cancer	1	»	»	1
6° Folie	2	2	»	»
7° Vomissements, diarrhée, dyssenterie...	2	»	»	2
8° Transfusions faites dans les cas mal définis, mais sans gravité	3	3	»	»
	79	55	13	11

Le tableau précédent renferme tous les cas de transfusion que mes recherches m'ont permis de réunir. Sur 79 cas, la transfusion du sang a été couronnée 55 fois d'un succès complet. Parmi les 25 insuccès, 13 s'expliquent légitimement par des conditions dans lesquelles l'opération a été faite et par les lésions que l'autopsie a révélées. 12 fois elle a échoué. Il en résulte que le nombre des réussites est, à celui des revers, dans la proportion de 5/6 à 1/6. *Ces chiffres parlent assez haut, et prouvent d'une*

introduire ces gaz dans le sang, est la seringue à hydrocèle de Mathieu; la tige du piston étant graduée, il m'a été facile de savoir toujours *très exactement* la quantité de centimètres cubes que je faisais pénétrer dans les vaisseaux. Les veines que j'ai choisies sont tantôt la jugulaire externe, tantôt l'axillaire, tantôt la crurale. On verra que c'est cette dernière que j'ai mis habituellement à découvert sur les chiens.

§ I.

EXPÉRIENCES DANS LESQUELLES L'AIR A ÉTÉ INTRODUIT SEUL DANS LES VAISSEAUX.

Dans un ouvrage qui a pour titre : *Recherches de Physiologie et de Chimie pathologique pour faire suite à celles de Bichat sur la vie et sur la mort,* Nysten consacre un chapitre au récit des expériences qu'il a entreprises sur l'entrée de l'air dans les veines. Je ne les rapporterai pas toutes; mais il est indispensable de les résumer pour bien faire comprendre les conséquences qu'en tire leur auteur.

Première expérience. — 100 centimètres cubes d'air ont été injectés dans la veine jugulaire externe droite d'un chien pesant 7 kilogrammes. L'injection a été faite en quatre fois, et dans l'intervalle de cinq minutes trente secondes : l'animal est mort. A l'ouverture, Nysten trouva les poumons dans leur état normal; l'oreillette et le ventricule pulmonaires étaient distendus par un mélange de gaz et de sang liquide. (*Loc. cit.,* p. 15.)

Deuxième expérience faite sur un chien pesant 4 kilogrammes 1/2. 100 centimètres cubes d'air ont été injectés en cinq fois dans la veine jugulaire dans l'espace de huit minutes trente secondes, en laissant d'une injection à l'autre l'intervalle de une à trois minutes; il n'en est résulté aucun symptôme grave. Deux minutes et demie après la cinquième injection, Nysten en fit une de 30 centimètres cubes qui fut immédiatement suivie de la suspension de la respiration, des mouvements du pouls et de toute action musculaire. Deux minutes après, l'animal mourut (P. 17).

Nysten fait remarquer que cet animal, quoique plus petit que le précédent, avait reçu plus d'air que lui; mais il ajoute que c'est

dans un intervalle de huit minutes et demie que la quantité totale de 100 centimètres cubes a été injectée, tandis que chez l'autre il ne s'était écoulé que cinq minutes et demie.

Troisième expérience. — 90 centimètres cubes d'air injectés en trois fois dans un intervalle de douze minutes ont suffi pour faire périr un chien du poids de 4 kilogrammes 1/2; mais chaque injection était de 30 centimètres cubes, et le chien avait peu de force. Aussi, il n'est pas douteux qu'il eût succombé à la première injection si elle eût été de 50 à 60 centimètres cubes (P. 19).

Dans une *quatrième expérience,* Nysten injecta en une fois 70 centimètres cubes d'air à un chien du poids de 5 kilogrammes. Au bout de quelques secondes, il observa l'insensibilité du pouls, une agitation violente, l'opisthotonos, l'éjection des urines et des matières fécales; enfin, quelques inspirations rares, après lesquelles l'animal mourut. A l'ouverture, on constata que les cavités pulmonaires étaient énormément distendues par l'air; les poumons étaient sains (P. 20 et 21).

De ces expériences, Nysten conclut :

Toutes les fois que j'ai injecté d'un seul coup de piston beaucoup d'air dans les veines des animaux, je les ai fait périr avec les mêmes phénomènes. Quand ils étaient petits comme certains épagneuls, 40 à 50 centimètres cubes d'air suffisaient pour les tuer promptement. Quand ils étaient forts comme des dogues, d'une taille au-dessus de la moyenne, il fallait injecter de 100 à 120 centimètres cubes d'air pour déterminer la mort (P. 21).

On présume déjà de ce qui précède, continue Nysten, que l'air injecté dans le système veineux des animaux vivants *ne détermine la mort qu'en distendant outre mesure les parois des cavités droites du cœur, et en les empêchant de revenir sur elles-mêmes pour chasser dans les poumons le sang qu'elles contiennent* (P. 23).

A l'appui de cette théorie du mécanisme de la mort, le même expérimentateur cite l'expérience suivante :

Chez un chien de forte taille, du poids de 7 kilogrammes, il a injecté 80 centimètres cubes d'air; quelques secondes après l'injection, l'animal est sans pouls, il pousse des cris douloureux, est pris de mouvements convulsifs avec renversement du tronc en arrière; et après quelques inspirations, il ne donne plus aucun signe

de vie. Nysten ouvrit alors la veine sous-clavière et en fit sortir beaucoup de sang au moyen de la pression sur les parois thoraciques. Cela fait, l'animal respira; le pouls redevint sensible, et le chien ne mourut pas. Au bout de trois jours, l'animal fut sacrifié, et on constata qu'il n'y avait plus aucune bulle de gaz ni dans le cœur, ni dans aucune partie de l'appareil vasculaire (P. 22 et 23).

Nysten fait suivre cette expérience de cette réflexion :

Il est bien évident que l'air atmosphérique injecté dans le système veineux des animaux vivants ne les *fait périr promptement qu'en déterminant une distension énorme de l'oreillette et du ventricule pulmonaires, puisqu'il suffit de faire cesser cette distension pour rappeler les animaux à la vie*. Répétées un grand nombre de fois, ces expériences ont toujours réussi (P. 24 et 25).

Je me contente d'indiquer pour le moment cette opinion de Nysten; je la discuterai plus tard.

Après les travaux de Nysten vinrent les recherches d'Amussat; leur importance est trop incontestable, pour ne pas trouver place dans mon travail. Le Mémoire d'Amussat, publié en 1839, renferme plusieurs séries d'expériences.

Dans la première série se trouvent celles relatives à l'introduction spontanée de l'air dans les veines.

Dans la seconde, il rapporte toutes celles dans lesquelles l'air a été introduit de force soit par l'insufflation, soit avec une seringue.

Enfin, il consacre la troisième à déterminer les moyens propres à empêcher, arrêter ou détruire l'accident.

Première série. — Après avoir établi que l'air ne peut s'introduire spontanément que dans les veines où se fait le reflux du sang, phénomène qu'on désigne sous le nom de *pouls veineux,* et que ces veines se trouvant toutes à la partie antérieure du cou et supérieure de la poitrine, peuvent être circonscrites, quant à la région qu'elles occupent, par deux lignes semi-elliptiques allant d'une aisselle à l'autre, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la clavicule, Amussat entre dans le détail de ses expériences. Je me contenterai d'indiquer comment il procède. Sur cinq lapins, la veine jugulaire droite ou gauche a été ouverte à la partie inférieure du cou, au-dessous du point où se fait le reflux du sang. Presque aussitôt, l'air s'est introduit dans le vaisseau en produisant un bruit particulier; les cris, l'agitation, la fréquence des mouvements

respiratoires, ont succédé à cette pénétration du gaz, et les animaux ont succombé dans l'espace de une à cinq minutes. A l'autopsie, Amussat a constamment trouvé le ventricule droit et l'artère pulmonaire remplis de sang écumeux (P. 9).

Ces expériences faites de la même manière sur des chiens, des moutons, des chevaux, lui ont permis d'établir que l'introduction spontanée de l'air par une veine blessée, près du sommet de la poitrine, sur des animaux de volumes forts différents, produit presque toujours la mort d'une manière plus ou moins subite.

En effet, sur 26 animaux soumis à ce genre d'expériences, 24 sont morts, 2 ont résisté.

1° Les lapins sont morts après une et demie, deux, trois, cinq minutes;

2° Les chiens après trois, six, dix, seize, vingt-quatre, vingt-sept minutes, 2 ont résisté;

3° Les moutons après dix-neuf, cinquante-six minutes;

4° Les chevaux après quatorze, quinze, dix-sept, vingt-six, vingt-huit, trente-cinq minutes.

Dans toutes ces expériences, les cavités droites du cœur contenaient du sang écumeux, les poumons étaient sains (P. 33).

Voulant placer les animaux sur lesquels il expérimentait dans les mêmes conditions que l'homme pendant une opération, Amussat a recherché l'influence de l'affaiblissement produit par la soustraction d'une certaine quantité de sang sur le phénomène de l'introduction de l'air dans les vaisseaux.

Ces expériences, faites comme les précédentes, l'ont conduit à ces conclusions.

La déplétion des vaisseaux par la soustraction d'une certaine quantité de sang a une grande influence sur la promptitude des effets de l'introduction spontanée de l'air dans les veines. On peut établir, en effet, que lorsque cette circonstance se présente, la mort arrive d'autant plus promptement que l'animal a perdu plus de sang ou qu'il a été épuisé par la douleur (P. 52 et 53).

Amussat consacre un second chapitre à exposer les expériences faites à l'aide de l'introduction forcée, tantôt brusque, tantôt lente de l'air dans les veines.

Comme Nysten, il a vu que l'air introduit de force du côté du cœur par les veines jugulaire ou axillaire, soit par insufflation, soit

par injection, détermine presque toujours subitement la mort chez les animaux de différentes espèces (P. 59).

Il fait remarquer cependant que l'introduction lente et prolongée produit les mêmes phénomènes que l'introduction brusque, mais d'une manière beaucoup plus lente, et qui permet enfin d'observer ce qui se passe entre le moment de l'entrée de l'air et la mort.

Dans ces expériences, les phénomènes observés se rapprochent beaucoup de ceux qui résultent de l'introduction spontanée (P. 74); il existe cependant une différence fort notable : c'est qu'après la mort, déterminée par l'entrée spontanée, on ne trouve généralement que les cavités droites distendues; tandis qu'après l'introduction forcée, on trouve souvent de l'air dans les cavités gauches, ainsi que dans les artères et les veines (P. 77).

De toutes les conclusions que tire Amussat de ses nombreuses expériences, je ne citerai que les deux suivantes :

1° A l'ouverture immédiate de la poitrine des animaux morts subitement par l'introduction spontanée de l'air dans les veines, *on trouve constamment les cavités droites du cœur distendues, ballonnées par l'air plus ou moins mêlé de sang;* tandis que les cavités gauches sont presque toujours vides, affaissées et ne contiennent que peu ou point d'air.

2° *La cause de la mort paraît devoir être attribuée à l'interruption de la circulation pulmonaire* (P. 92).

De l'historique rapide que je viens de présenter, il résulte que la cause de la mort par l'introduction de l'air dans les veines dépend :

1° *De la distension mécanique des cavités droites du cœur* (Nysten);

2° *De l'interruption de la circulation pulmonaire* (Amussat).

J'aurai à m'expliquer plus tard sur ces deux opinions.

J'ai dit, au commencement de ce Mémoire, que mes recherches sur l'introduction de l'air dans les veines n'avaient été entreprises que pour répondre à cette question :

L'air exerce-t-il une action funeste lorsqu'il est mis en contact avec le sang dans les vaisseaux?

Je voulais donc constater simplement un fait, et je ne pensais pas être entraîné dans la voie expérimentale où je me suis trouvé engagé. Je ne le regrette pas, car je montrerai par quel enchaîne-

ment d'idées, et par quelle série de faits, j'ai été conduit à expliquer la mort autrement que Nysten et Amussat, et comment aussi cette explication m'a fait trouver le moyen de combattre ce fatal résultat. La théorie que je propose, on le verra par la suite, repose sur l'observation d'une circonstance particulière qui a échappé aux expérimentateurs que je viens de citer, car je n'en ai trouvé aucune mention dans leurs expériences d'ailleurs si intéressantes et si ingénieuses.

Au lieu de faire *des injections partielles d'air, à des intervalles plus ou moins rapprochés, j'ai toujours poussé dans les vaisseaux, en* UNE SEULE FOIS, *la quantité d'air suffisante pour amener la mort.* Je n'étais point fixé sur la dose de ce gaz nécessaire pour produire ce résultat; il m'a fallu dès lors, c'était facile à prévoir, tâtonner beaucoup, pour arriver à formuler une proposition nette et précise. Du reste, les expériences suivantes le démontreront mieux que tous les raisonnements.

Première expérience. — J'ai injecté par la veine crurale, à un chien de moyenne taille, 150 centimètres cubes d'air; deux minutes et demie après, l'animal a présenté des mouvements convulsifs des membres antérieurs, la tête s'est renversée en arrière sur le tronc; la respiration, d'abord très accélérée, s'est ralentie; le pouls est devenu petit, lent, irrégulier; les matières fécales et les urines sont sorties involontairement, par suite du relâchement des sphincters, et l'animal a succombé.

Autopsie faite immédiatement après la mort.

Les poumons, affaisés par suite de l'ouverture des parois thoraciques, ont présenté leur teinte rosée habituelle; les veines caves supérieure et inférieure sont distendues par l'air qui occupe également la cavité de l'oreillette et du ventricule droits; les cavités gauches du cœur ne renferment pas d'air, mais contiennent encore du sang dont la coloration est celle du sang artériel.

Les parois des cavités gauches offrent les mouvements fibrillaires que l'on observe toujours après la mort. Ces mouvements se rencontrent également dans l'oreillette droite, quoique affaiblis, malgré sa distension; *mais dans le ventricule droit, ils ont cessé, et les fibres musculaires y sont réduites à un état presque complet d'immobilité.*

La ponction de ce ventricule donne issue à du sang dont la coloration est plus vermeille que celle du sang veineux, et qui est mélangé à une assez grande quantité d'air. A mesure que l'air contenu dans la cavité du ventricule s'est échappé par l'ouverture pratiquée à la paroi, *j'ai vu reparaître d'une manière manifeste les mouvements fébrillaires* qui ont été assez énergiques pour chasser en même temps et l'air et le sang.

Deuxième expérience. — J'ai injecté, par la veine jugulaire externe droite, 65 centimètres cubes d'air à un petit chien. Les symptômes observés peuvent se résumer ainsi :

Mouvements convulsifs et tétaniques, suivis d'une résolution complète des membres; respiration d'abord accélérée, puis lente et très prolongée; émission des urines et des matières fécales. Mort après quatre minutes et demie.

A l'autopsie, j'ai constaté, comme dans le cas précédent, des mouvements contractiles très évidents dans les parois des cavités gauches et de l'oreillette droite; *le ventricule droit, seul, ne se contracte pas.* Une ponction pratiquée à la face antérieure de ce ventricule donne issue à du sang vermeil écumeux d'abord, puis noir, et qui coule en bavant. A mesure que l'air abandonnait la cavité ventriculaire, les mouvements reparaissaient dans les parois.

Troisième expérience. — Après avoir mis la veine crurale droite à découvert sur un gros lapin, j'ai injecté 35 centimètres cubes d'air. Trois minutes après, l'animal était mort. Il avait présenté, du reste, des mouvements convulsifs, de l'exorbitisme, une dilatation considérable des pupilles. La respiration, accélérée au début de l'expérience, est devenue très lente, l'animal faisant par intervalles de très longues inspirations.

Autopsie. — Les veines cave, inférieure et supérieure sont distendues par l'air injecté. Il est facile de le voir circuler librement dans la cavité de ces vaisseaux.

Le cœur présente une distension manifeste de l'oreillette et du ventricule droits. En même temps, j'ai observé des mouvements rapides dans l'oreillette, *tandis que, dans le ventricule du même côté, la fibre musculaire paraît presque complètement immobile.* Les cavités gauches renferment du sang rouge vermeil; il existe des contractions dans leurs parois, plus fortes dans l'oreillette que dans le ventricule, ce qui est la règle.

Une ponction pratiquée au ventricule droit donne issue à du sang spumeux qui s'écoule en bavant, et dont l'écoulement est accéléré par les contractions des fibres musculaires du ventricule, qui reparaissent à mesure que l'air renfermé dans cette cavité s'échappe au dehors.

Quatrième expérience. — J'ai injecté, par la veine crurale gauche, 35 centimètres cubes d'air à une poule de six à huit mois. Les phénomènes indiqués précédemment se sont montrés aussitôt, et la mort est arrivée après deux minutes.

A l'autopsie, j'ai constaté, du côté du cœur, les mêmes particularités signalées dans les trois premières expériences : distension des cavités droites, avec immobilité des fibres musculaires du ventricule, qui a cessé dès qu'une incision pratiquée à la paroi a donné issue à l'air.

Cinquième expérience. — Par la veine axillaire droite, j'ai injecté 20 centimètres cubes d'air à un gros lapin. Bientôt, mouvements convulsifs du tronc; dilatation considérable des pupilles; renversement de la tête. Mort après une minute et demie.

L'autopsie m'a permis de constater les particularités précédemment indiquées.

Sixième expérience. — 15 centimètres cubes d'air injectés à un gros lapin ont produit la mort, qui a été accompagnée de toutes les circonstances déjà notées.

Septième et huitième expériences. — Deux chiens de taille moyenne ont reçu, par la veine crurale, l'un 70, l'autre 80 centimètres cubes d'air. La mort, comme dans tous les cas précédents, a été la conséquence de cette injection.

Chez ces deux animaux, j'ai trouvé le ventricule droit distendu et immobile; les autres parties du cœur se contractaient. L'immobilité a cessé dès qu'une ponction pratiquée à la paroi du ventricule droit a permis à l'air contenu dans sa cavité de s'échapper au dehors.

Neuvième et dixième expériences. — 35 centimètres cubes d'air injectés à deux petits chiens ont amené le même résultat, et l'autopsie a révélé les mêmes particularités.

Je pourrais continuer le récit de ces expériences, car elles ont été très nombreuses; mais je tomberais dans des répétitions inutiles : je me contente de dire que j'ai toujours constaté les mêmes

phénomènes chez tous les animaux qui ont servi à mes expériences.

Plusieurs conséquences découlent de ces faits :

1° Une quantité d'air plus ou moins considérable, injectée lentement, mais d'une manière continue, dans les veines d'un animal, amène presque immédiatement la mort.

2° La quantité d'air nécessaire pour produire ce résultat varie suivant les animaux; elle est moindre pour les lapins que pour les chiens. Chez les chiens de petite taille, 30 ou 40 centimètres cubes suffisent; chez les chiens de taille moyenne, il en faut de 60 à 80 centimètres cubes; chez des chiens d'une taille plus élevée, Nysten a pu injecter jusqu'à 100 et même 120 centimètres cubes.

3° L'air, en arrivant dans le cœur, *amène la distension des cavités droites, en même temps qu'il rend immobile la paroi du ventricule, sans produire le même effet sur l'oreillette et sur les cavités gauches.*

Mais une question de la plus haute importance se présente :

Est-ce bien la distension des cavités droites du cœur qui occasionne la mort, et l'air n'a-t-il, dans la production de ce phénomène, qu'une action purement mécanique?

Pour répondre à cette question, il devenait nécessaire de faire de nouvelles expériences : il fallait décomposer l'air, et, prenant chacun des éléments qui le constituent, vérifier si, introduits séparément, les uns après les autres, dans les veines, en quantité égale à la quantité d'air qui occasionne la mort, on pourrait produire avec eux ce dernier résultat. C'était, à mon sens, la seule manière de juger l'action mécanique; c'est ce que j'ai fait dans les expériences suivantes :

§ II.

INJECTION D'AZOTE DANS LES VEINES.

Première expérience. — J'ai mis la veine crurale à découvert sur un très gros lapin, et j'ai injecté 20 centimètres cubes d'azote : l'animal a présenté un peu d'accélération dans la respiration, une dilatation manifeste des pupilles, mais il n'a pas paru trop incommodé par l'introduction de ce gaz dans l'appareil circulatoire. Le lendemain, j'ai mis la veine axillaire droite à nu sur le même

lapin, et j'ai encore injecté 20 centimètres cubes d'azote; cette injection a été suivie des mêmes phénomènes que la première, mais l'animal est mort deux jours après.

J'en ai fait l'autopsie avec le plus grand soin, et les particularités que je vais signaler me paraissent dignes d'intérêt; le cœur et les poumons ont surtout fixé mon attention :

1° *Cœur :* L'oreillette droite offre une teinte violacée; elle est très distendue, ainsi que les vaisseaux qui y arrivent. L'oreillette gauche et le ventricule du même côté, ne présentent rien de spécial à noter.

Tous les vaisseaux qui rampent dans l'épaisseur du ventricule droit sont très injectés, ceux surtout qui occupent les sillons médiaux antérieur et postérieur du cœur.

A l'ouverture de ce ventricule, il s'écoule une certaine quantité de sang qui paraît altéré dans sa coloration; il offre, en effet, une teinte brun-chocolat.

Au centre du ventricule, j'ai trouvé un caillot volumineux qui avait la même nuance; un caillot semblable distend l'oreillette droite, et se prolonge dans les veines caves inférieure et supérieure.

Les poumons offrent une teinte rouge foncée; ils sont fortement congestionnés, comme le prouve la quantité notable de sang qui s'écoule par suite des incisions multiples pratiquées à la surface de cet organe. Ce n'est, du reste, qu'un état congestionnel, sans altération de tissu, car un morceau de poumon mis dans l'eau surnage.

Le ventricule gauche contient encore une certaine quantité de sang liquide, suffisamment rouge, pour me permettre de penser qu'il a conservé les propriétés du sang artériel. Dans l'oreillette existe un caillot, moitié blanchâtre, moitié noirâtre; ce dernier se prolonge dans les veines pulmonaires, dans une étendue de trois à quatre lignes.

Les détails dans lesquels je viens d'entrer ne peuvent laisser aucun doute sur les troubles que l'azote a produits. La teinte chocolat du sang veineux, la présence d'une certaine quantité de ce liquide dans l'oreillette et le ventricule gauches, prouvent bien que la circulation a été modifiée dans son organe central.

La coloration anormale des poumons en est une nouvelle preuve; *mais si l'animal a succombé, la mort n'a pas été instantanée,*

comme cela arrive lorsqu'on injecte la même quantité d'air. L'expérience suivante vient le démontrer :

Deuxième expérience. — Le jour où j'ai injecté la deuxième dose d'azote au lapin dont je viens de parler, j'ai introduit, par la veine axillaire droite d'un lapin du même volume, 20 centimètres cubes d'air. Bientôt des mouvements convulsifs se sont manifestés dans les membres; le renversement de la tête en arrière n'a pas tardé à se montrer; les pupilles se sont dilatées; il y a eu un relâchement des sphincters, qui a été suivi d'émission des urines et des matières fécales, et la mort est arrivée après deux minutes.

L'autopsie a révélé les particularités signalées dans les précédentes expériences.

Troisième expérience. — A un gros lapin, auquel j'avais injecté deux jours avant 20 grammes de sang défibriné pris à un autre lapin, j'ai injecté 25 centimètres cubes d'azote. Après une minute et demie, la respiration s'est accélérée; mais l'animal, une fois détaché, a pu se tenir sur ses pattes, et n'a paru que peu troublé par la présence de ce gaz dans le sang.

Vingt-quatre heures après, il était encore vivant.

Quatrième expérience. — J'ai injecté, par la veine axillaire gauche, à un lapin moins volumineux que les précédents, et dans l'espace de deux minutes, 35 centimètres cubes d'azote. L'injection a facilement pénétré. La respiration a paru d'abord très gênée; les pupilles se sont fortement dilatées. L'animal a alors été détaché; les pupilles, qui s'étaient d'abord dilatées, sont revenues bientôt à leur état normal.

La respiration a cependant continué à être très accélérée, mais la mort n'a pas eu lieu. Une heure après cette expérience, je voulus voir dans quel état se trouvait le cœur : j'ouvris alors la paroi thoracique.

Je constatai que toutes les parois de cet organe conservaient leur contractilité. Le ventricule droit fut ponctionné, et il s'en écoula du sang offrant la teinte brun-chocolat dont j'ai déjà parlé; il renfermait encore une certaine quantité de gaz. Cette expérience me permit de penser qu'une grande partie de l'azote avait été exhalée, et l'autre dissoute dans le sang.

Cinquième expérience. — Après avoir mis la veine jugulaire externe droite à découvert sur un jeune chien, j'ai appliqué autour

d'elle deux ligatures, l'une du côté de la tête, l'autre du côté du cœur : la première ayant été fortement serrée, j'ai ouvert le vaisseau dans l'intervalle des deux ligatures, et, dans l'espace de deux minutes environ, j'ai injecté 80 centimètres cubes d'azote. Il a été facile d'entendre le bruit particulier produit par l'arrivée de ce gaz dans le cœur, et occasionné par son mélange avec le sang; malgré la quantité considérable de gaz introduite, l'animal n'a rien présenté de remarquable. Je l'ai immédiatement détaché; il a pu marcher facilement, et, une heure et demie après l'injection, il n'offrait, à part un peu de tristesse, rien qui fût digne de fixer mon attention.

Sixième expérience. — Trois jours après l'expérience précédente, le même chien étant revenu à son état normal, je lui injectai, par la veine crurale droite, 75 centimètres cubes d'air. L'injection fut faite en trois fois : d'un premier coup de piston, je poussai 30 centimètres cubes d'air; une minute après, 30 autres centimètres cubes. Je terminai l'expérience en faisant pénétrer encore 15 centimètres cubes. Bientôt l'animal fut pris de mouvements convulsifs, de dilatation des pupilles, avec renversement de la tête en arrière. Une minute et demie après, il mourut. A l'autopsie, je constatai tous les phénomènes précédemment indiqués.

Il résulte de cette expérience que le même animal, qui avait supporté une injection de 80 centimètres cubes d'azote, a succombé par suite de l'introduction de 75 centimètres cubes d'air.

Septième expérience. — J'ai injecté, par la veine crurale gauche, à un chien de taille moyenne, 150 centimètres cubes d'azote d'un seul coup de piston. Quatre minutes et demie après, l'animal a été pris de mouvements tétaniques, de renversement de la tête en arrière, de relâchement des sphincters, et la mort est arrivée.

A l'autopsie, j'ai constaté une distension prononcée du cœur droit; les veines-caves supérieure et inférieure sont remplies par le gaz, qui a refoulé le sang et pris sa place. A part l'oreillette droite, qui offre des contractions lentes, toutes les parties du cœur sont presque immobiles; une ponction pratiquée au ventricule droit donne issue à du sang écumeux mélangé d'une notable quantité d'azote : la coloration de ce liquide est d'un brun-chocolat.

Huitième expérience. — Chez un autre chien ayant à peu près

la même taille que le précédent, j'ai injecté par la veine crurale gauche 60 centimètres cubes d'azote. Cette injection a été suivie d'une augmentation dans les battements du cœur et des mouvements respiratoires. J'ai introduit de nouveau 30 centimètres cubes; les mêmes phénomènes se sont montrés. Cependant, l'animal n'a rien présenté qui pût faire supposer une terminaison fatale, et il aurait certainement survécu, malgré la présence dans les vaisseaux de 90 centimètres cubes d'azote, si je m'en étais tenu là; mais deux minutes après, j'ai poussé encore 30 centimètres cubes de gaz. Bientôt les pupilles se sont dilatées, l'animal a été pris de mouvements tétaniques, et il a succombé.

L'autopsie a montré toutes les particularités signalées dans la septième expérience.

Je pourrais citer plus amplement les expériences dans lesquelles j'ai introduit comparativement de l'azote et de l'air chez le même animal; je ne le ferai pas, je me contente de dire que les résultats ont toujours été les mêmes.

Il suffit d'analyser d'une manière succincte les expériences de Nysten, faites avec l'azote, pour montrer les différences notables qui les séparent des miennes; en effet :

1° Deux fois 20 centimètres cubes d'azote ont suffi pour tuer en trois minutes un petit chien et une petite chienne de 3 kilogrammes;

2° A un chien du poids de 7 à 8 kilogrammes, Nysten a injecté 80 centimètres cubes d'azote en quatre fois par doses de 20 centimètres, laissant d'une dose à l'autre une minute d'intervalle. L'animal a expiré cinq minutes trente secondes après la dernière injection.

A l'ouverture du corps, l'oreillette et le ventricule droits se trouvaient gorgés de sang, sans être distendus; le sang était d'un brun violacé.

Je crois devoir faire remarquer que, dans cette expérience, la mort est arrivée sans qu'il y ait eu distension des cavités droites. Ce n'est donc pas à un phénomène purement mécanique qu'il faut en rapporter la cause. La preuve de cette assertion se trouve dans l'expérience suivante, citée par le même physiologiste :

100 centimètres cubes d'azote ont été injectés dans l'espace de treize minutes à un chien pesant 7 kilogrammes. Nysten avait

eu le soin, comme dans le cas précédent, de n'injecter que 20 centimètres cubes d'azote à la fois, laissant toujours entre les injections un intervalle de quelques minutes. A la suite de la dernière, faite plusieurs minutes après la troisième (neuf minutes), l'animal a cessé toute espèce de mouvements. A ce moment, l'expérimentateur a ouvert la veine sous-clavière, d'où il est sorti beaucoup de gaz au moyen de la pression thoracique; il a lié les veines, quelques inspirations ont encore eu lieu, mais bientôt on n'a observé aucun signe de vie (P. 65, 66).

« J'ai plusieurs fois essayé sans succès, ajoute Nysten, de rappeler à la vie, de la même manière, des chiens auxquels j'avais arrêté l'action du cœur et des poumons par l'injection du gaz azote dans la veine jugulaire, et je n'y suis pas parvenu. Toujours, au moment de la sortie du gaz par l'ouverture faite à la veine sous-clavière, quelques grandes inspirations ont eu lieu, mais inutilement, l'action du cœur ne s'étant pas rétablie. » (P. 66 *loc. cit.*)

L'azote a donc, d'après le même expérimentateur, une action spéciale que l'air ne possède pas; car, dans les cas où, à la suite de l'injection de l'air, la mort était imminente, il est parvenu à l'empêcher en ouvrant la veine sous-clavière et en donnant issue à une partie du gaz contenu dans le cœur droit. J'ai cité plus haut les deux expériences qui tendent à démontrer ce fait, et que l'on trouve pages 21, 22, 23 et 24 du Mémoire de ce physiologiste.

Il est bon toutefois de faire remarquer que Nysten n'a pas vu mourir tous les animaux auxquels il a injecté de l'azote; il rapporte, en effet (P. 66 et 67), deux expériences faites sur des chiens qui ont survécu. Au premier, 60 centimètres cubes ont été introduits en dix-huit minutes; au deuxième, 80 centimètres cubes en sept minutes.

Ces résultats sont même en opposition avec ceux qui découlent de ses premières expériences. Dans les premières, en effet, 20 centimètres cubes d'abord, puis 80 centimètres cubes, ont suffi pour tuer; dans ces dernières, au contraire, 60 centimètres cubes et 80 centimètres cubes n'ont pas été suivis de la mort.

Quoi qu'il en soit, Nysten conclut :

Que l'azote injecté dans le système veineux a une action plus nuisible que l'air atmosphérique, puisqu'il en faut en général

beaucoup moins pour occasionner des cris douloureux, des convulsions et la mort, et qu'en faisant cesser la distension du cœur pulmonaire déterminée par la présence de ce gaz, on ne peut faire revenir les animaux à la vie; on doit en inférer qu'il y a une action sédative sur la force vitale du cœur (P. 68).

Cette conclusion me paraît singulièrement étrange.

Comment est-il possible d'admettre que si l'azote a cette action sédative sur la fibre musculaire du cœur, *l'air atmosphérique qui en renferme 80 0/0 en soit totalement dépourvu, et qu'il ne produise la mort que par une simple distension mécanique?* Dira-t-on que c'est la présence de l'oxygène qui neutralise l'azote?

Mais, comme je l'établirai plus loin, le premier est quatre ou cinq fois plus soluble que le deuxième dans le sang, et dès lors il doit arriver un moment où l'action de ce dernier se manifestera seule. S'il n'en est pas ainsi, que deviennent les lois posées par la chimie sur les gaz à l'état de mélange et non de combinaison?

J'ai établi précédemment que 20 centimètres cubes d'air introduits dans les veines d'un lapin avaient suffi pour occasionner la mort; j'ai voulu apprécier expérimentalement ce qui arriverait si j'introduisais, soit de l'hydrogène, soit de l'acide carbonique.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC L'HYDROGÈNE.

Première expérience. — J'ai introduit par la veine axillaire droite d'un lapin 20 centimètres cubes d'hydrogène parfaitement pur. Pendant toute la durée de l'expérience, l'animal n'a paru éprouver aucune sensation désagréable. Détaché, il a pu marcher; il est allé se blottir dans un coin, où il est resté immobile pendant plusieurs heures.

Deuxième expérience. — A un autre lapin du même volume, j'ai injecté 25 centimètres cubes d'hydrogène; l'animal a présenté les mêmes phénomènes que le précédent.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC L'ACIDE CARBONIQUE.

J'ai fait trois expériences avec l'acide carbonique : toutes les trois sur des lapins; je n'en rapporterai qu'une seule, les deux autres étant parfaitement conformes à la première.

Par la veine axillaire gauche d'un gros lapin, j'ai introduit

28 centimètres cubes d'acide carbonique. A mesure que le gaz pénétrait dans le cœur, il a été facile d'entendre à distance un véritable bruit de gargouillement. Ce bruit était cadencé et paraissait suivre les mouvements de l'organe. A partir de la seconde minute après l'injection, la respiration a paru très gênée. Cinq minutes s'étaient à peine écoulées que l'animal succombait.

Il était important d'en faire l'autopsie pour apprécier ce qui avait pu déterminer la mort. Voici ce qu'elle m'a permis de constater :

Le cœur présentait des mouvements fibrillaires, aussi bien dans les parois des cavités droites que dans les gauches; le ventricule droit n'offrait pas de distension notable; la ponction de ce ventricule a donné issue à une certaine quantité d'un sang brun chocolat, entraînant avec lui quelques bulles de gaz seulement, insuffisantes pour produire la distension.

Au lieu de leur teinte rosée habituelle, les poumons en offraient une grisâtre. En incisant les parois des ramifications de l'artère pulmonaire, j'ai constaté que ces vaisseaux renfermaient une grande quantité de gaz.

La mort a donc été occasionnée chez cet animal par une action directe de l'acide carbonique sur les poumons; elle est arrivée en quelque sorte comme par une espèce d'asphyxie; mais rien de semblable à ce qu'entraîne la présence de l'air n'a été observé du côté du cœur, et cependant j'avais introduit 28 centimètres cubes d'acide carbonique au lieu de 20, dose à laquelle nous avons vu que les lapins succombent toujours lorsqu'on leur injecte le premier de ces gaz.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC L'OXYGÈNE.

Après avoir vérifié l'influence que l'azote, l'hydrogène et l'acide carbonique exercent sur la vie des animaux, il devenait indispensable de déterminer le rôle de l'oxygène.

Première expérience. — La première expérience a été faite sur un jeune chien de la même taille que celui qui avait succombé à une injection de 35 centimètres cubes d'air. J'ai fait pénétrer trois injections de 35 centimètres cubes chacune, laissant entre elles un intervalle de trois minutes; les deux premières injections ont été

parfaitement supportées, ce n'est qu'après la troisième que l'animal a succombé.

La teinte rouge vermeille du sang des cavités pulmonaires du cœur a démontré, à l'autopsie, que l'oxygène avait pénétré dans les vaisseaux.

Deuxième expérience. — A un jeune chien d'assez haute taille, j'ai injecté par la veine jugulaire externe droite 300 centimètres cubes d'oxygène dans l'espace de dix minutes. Du premier coup de piston, 60 centimètres cubes ont été introduits, suivis de 30 autres centimètres cubes injectés une minute après; la respiration s'est alors accélérée, et les mouvements du cœur sont devenus très précipités et forts; mais l'animal n'a présenté aucun symptôme qui pût faire supposer que sa mort était prochaine. J'ai alors poussé 60 centimètres cubes, ce qui portait à 150 centimètres cubes la quantité de gaz introduite en cinq minutes. A partir de ce moment, j'ai continué à introduire de l'oxygène dans les vaisseaux par dose de 60 centimètres cubes, et ce n'est que lorsque je suis arrivé au chiffre de 300 centimètres cubes que l'animal a été pris de mouvements convulsifs, de renversement de la tête, d'évacuations involontaires, et que la mort est arrivée.

A l'autopsie, j'ai constaté la distension des cavités droites du cœur; le sang y avait pris une teinte rouge vermeille très accentuée, manifeste surtout dans les couches superficielles. Dans les veines caves, l'oxygène circulait librement mélangé avec le sang.

Les poumons offraient une teinte rosée générale plus prononcée que dans l'état normal; la section de cet organe laissait voir une surface parfaitement rutilante.

Troisième expérience. — Sur un grand chien dont j'avais apprécié la température avec un thermomètre très sensible avant d'introduire l'oxygène, et dont la température s'élevait à 34°, j'ai injecté par la veine crurale droite 120 centimètres cubes d'un seul coup de piston (injecté à cette dose, l'air eût infailliblement tué l'animal). En pénétrant dans le cœur, l'oxygène a donné lieu à un gargouillement que l'on pouvait apprécier à distance; les battements du cœur se sont fortement accélérés, ainsi que la respiration. A ce moment, j'ai introduit le thermomètre dans la bouche de l'animal pour apprécier ce que devenait la température. J'ai noté alors l'augmentation d'un degré, le thermomètre mar-

quant 35° au lieu de 34. Après cette première injection, j'en ai poussé une autre de 30 centimètres cubes; les mêmes phénomènes se sont montrés du côté de la respiration et des mouvements du cœur; mais le thermomètre, qui était monté primitivement à 35°, était redescendu à 34. Deux minutes après, 60 centimètres cubes ont été poussés; le chien a présenté alors quelques mouvements convulsifs et un peu d'abaissement dans la température. Cette dernière injection a été suivie d'une nouvelle de 60 centimètres cubes, ce qui a porté à 270 le nombre des centimètres cubes introduits par la veine crurale.

J'ai alors détaché le chien, qui n'a offert d'autre phénomème digne d'être noté qu'un abattement considérable, avec une abolition presque absolue et générale de la sensibilité. Après l'expérience, la température du corps était revenue à son état primitif. L'état de ce chien a toujours été en s'améliorant.

On se demandera peut-être, en lisant cette expérience, pourquoi j'ai cherché à apprécier la température de l'animal à l'aide du thermomètre, avant et après l'introduction de l'oxygène dans le sang. La raison est facile à donner : J'ai dit, dans les deux faits qui précèdent, que l'oxygène pénétrant dans les vaisseaux avait accéléré notablement les mouvements respiratoires et avait beaucoup augmenté la force des battements du cœur; je pensai dès lors qu'il pourrait bien arriver que ce gaz amenât une augmentation dans la température du corps; or, les variations du thermomètre ont été trop peu sensibles pour qu'on soit autorisé à l'admettre.

L'oxygène, employé dans les trois précédentes expériences, avait été préparé avec le chlorate de potasse; dans la suivante, j'ai employé de l'oxygène ozonisé.

Quatrième expérience. — J'ai injecté par la veine crurale 120 centimètres cubes d'oxygène ozonisé à un chien de moyenne taille. Cette injection a été suivie d'une accélération immédiate dans les mouvements respiratoires et d'une augmentation sensible dans la forme des battements du cœur. Quelques secondes après, une nouvelle injection de 30 centimètres cubes a occasionné la continuation des mêmes phénomènes. J'ai poussé alors 60 centimètres cubes de gaz, suivis bientôt d'une autre injection de 90 centimètres cubes, ce qui a porté à 300 centimètres cubes la quantité d'oxygène ozonisé que j'ai fait pénétrer dans la veine

crurale, et qui n'a amené d'autres modifications chez l'animal que l'accélération de la respiration et l'augmentation dans la force des battements du cœur; les 300 centimètres cubes ont été introduits dans l'espace de cinq minutes.

DEUXIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Dans cette seconde série viennent se grouper les expériences que j'ai faites avec l'air, et dans lesquelles la mort n'a pas été la conséquence de la présence de ce gaz dans les vaisseaux.

Première expérience. — A un chien de petite taille, j'ai introduit d'un seul coup de piston par la veine crurale droite 20 centimètres cubes d'air; la respiration s'est accélérée, mais bientôt le calme s'est rétabli, et l'animal n'a pas succombé.

Deuxième expérience. — J'ai injecté 50 centimètres cubes, en une seule fois, à un chien de moyenne taille sans déterminer le moindre accident.

Troisième expérience. — La même chose a été observée chez un chien d'une taille un peu au dessus de la moyenne, auquel j'avais injecté 65 centimètres cubes d'air.

Je pourrais citer plus de vingt expériences dont le résultat est conforme à celui des trois que je viens de signaler.

Le moment est venu de faire connaître des expériences qui confirment de tous points celles qui précèdent, et que les conditions particulières au milieu desquelles elles ont été exécutées revêtent d'un caractère d'authenticité incontestable.

J'avais adressé à l'Académie des Sciences, pour le concours de physiologie expérimentale de 1862, ce *Mémoire sur l'introduction de l'air dans les veines.* J'attendais avec impatience le résultat, lorsque je fus informé, le 25 décembre dernier, que la Commission, *après avoir examiné avec attention mon travail, l'avait pris en sérieuse considération, mais avait cru devoir ajourner son jugement au concours de cette année.* Ne voulant pas attendre cette époque pour établir mon *droit de priorité,* je me suis rendu à Paris, et, dans la séance du 31 décembre, j'ai exposé moi-même mes recherches devant la Société de Chirurgie. J'ai demandé qu'une Commission fût nommée pour assister à mes expériences et les vérifier.

Cette Commission, composée de MM. Verneuil, Broca, Dolbeau, s'est réunie à l'École pratique, le 3 janvier 1863, dans le laboratoire de M. le professeur Longet, auquel je suis heureux d'exprimer mes sentiments de profonde gratitude pour la bienveillance qu'il m'a montrée dans cette occasion, en se joignant spontanément aux membres de la Commission. Je ne citerai pas les noms de tous les physiologistes, chirurgiens et chimistes présents à cette séance, qui n'a pas duré moins de cinq heures; je me contenterai de mentionner ceux de MM. Denonvilliers, Dequevauvilliers, Follin, et Tillot, prosecteur de la Faculté de Paris.

Première expérience. — La veine crurale gauche ayant été mise à découvert sur un chien de chasse d'assez haute taille, je lui injectai d'un seul coup de piston 90 centimètres cubes d'air. Il y avait à peine une minute que le gaz avait pénétré dans les vaisseaux, que l'animal fut pris de mouvements tétaniques convulsifs; les pupilles se dilatèrent; la respiration, accélérée d'abord, se ralentit bientôt; l'émision des urines et des matières fécales eut lieu, et la mort arriva.

L'autopsie, faite avec le plus grand soin, permit de constater les phénomènes suivants :

Tous les vaisseaux veineux qui arrivent à l'oreillette droite présentaient une notable quantité de bulles d'air mélangées avec le sang. *L'oreillette droite et le ventricule du même côté étaient distendus. Ce dernier offre une immobilité complète de ses fibres musculaires, tandis que les parois des cavités gauches étaient au contraire agitées de mouvements fibrillaires.* Le ventricule droit ayant été ponctionné, il s'en échappa une certaine quantité d'air mélangée à du sang, d'abord rouge vermeil, puis noirâtre comme le sang veineux. Les mouvements des parois revinrent aussitôt après la ponction du ventricule, lorsque l'air se fut échappé en partie au dehors. *L'artère pulmonaire et ses ramifications offraient, comme les veines caves supérieure et inférieure, un mélange de sang et de bulles d'air.*

En lisant les détails qui précèdent, il est facile de se convaincre de la ressemblance qu'ils présentent avec ceux de toutes les expériences rapportées dans la I[re] Partie de ce Mémoire.

Deuxième et troisième expériences faites avec l'oxygène et l'azote. — Les gaz dont je me suis servi dans les expériences

suivantes avaient été préparés dans le laboratoire de M. le professeur Wurtz.

1° *Oxygène*. Sur un chien de la même taille que le précédent, j'ai mis la veine crurale gauche à découvert, et j'ai injecté immédiatement, et d'un seul coup de piston, 100 centimètres cubes d'oxygène, suivis bientôt d'une nouvelle injection de 50 centimètres cubes. Tous les symptômes d'une vive réaction se sont montrés : accélération du pouls et des battements du cœur, ainsi que de la respiration. Cinq minutes après, j'ai de nouveau injecté en deux fois la même quantité de gaz dans l'espace de cinq à six minutes, de telle sorte qu'en douze minutes l'animal a reçu, sans mourir, 300 centimètres cubes d'oxygène. Je ne m'en suis pas tenu là, et sur l'invitation qui me fut faite par M. le professeur Longet, je continuai à faire pénétrer de l'oxygène jusqu'à la dose de 450 centimètres cubes : l'expérience dura vingt minutes environ, et l'animal survécut.

2° *Azote*. Sur un chien de chasse, j'ai fait des injections répétées d'azote par la veine crurale. Comme l'animal était un peu plus grand que le premier, M. Longet me demanda de pousser du premier coup de piston, non point 90 centimètres cubes de gaz, mais 130 centimètres cubes, ce que je fis; aussitôt, il fut facile d'entendre à distance le bruit particulier occasionné par le mélange de l'azote avec le sang des cavités droites. Cette injection produisit de l'accélération dans les mouvements du cœur et dans la respiration, mais n'amena aucun phénomène qui pût faire craindre une mort prochaine. Je pus continuer alors à faire pénétrer de l'azote, et j'arrivai à introduire en plusieurs fois, et dans l'espace de quinze minutes, 400 centimètres cubes. L'animal ne mourut pas. L'azote qui servit pour cette expérience, fut préparé par M. Dequevauvilliers.

Si l'on songe au faible degré de solubilité de l'azote dans le sang, on comprendra difficilement comment cette énorme quantité de gaz n'a pas tué l'animal en distendant le cœur droit, si la distension est la seule cause de la mort.

Dans le numéro du 16 janvier 1863 de la *Gazette hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie*, M. Verneuil, chirurgien des hôpitaux, dont l'autorité ne saurait être contestée, a rendu compte de ces expériences et de leur complète réussite.

Réflexions. — Deux conséquences générales découlent des expériences que je viens de rapporter :

1° Tous les gaz, — air, oxygène, azote, — injectés dans les veines, peuvent produire la mort, s'ils sont injectés en trop grande quantité ;

2° Tous les gaz peuvent être supportés, si la dose est faible.

Il n'est pas difficile d'expliquer la première de ces propositions. Toutes les fois qu'une compression énergique s'exerce sur les veines, elle y interrompt la circulation. Si cette compression, pratiquée extérieurement, amène ce résultat, ne doit-il pas en être absolument de même lorsqu'elle agit directement sur le sang ? Or, une très grande quantité pénétrant dans l'appareil vasculaire et le cœur, doit évidemment refouler le sang vers les capillaires, troubler la régularité de la circulation, et, par suite, entraîner la mort.

La seconde conclusion offre un intérêt capital, car elle affranchit la transfusion du sang d'une des objections les plus sérieuses qu'on pût lui opposer : *l'entrée de l'air dans la veine où l'on injecte du sang étranger*. Depuis longtemps je m'occupe d'une question qui, après avoir beaucoup passionné les physiologistes et les chirurgiens, était complètement tombée dans l'oubli ; ce n'est qu'en 1818 que Blundell l'en a fait sortir : je veux parler de la transfusion du sang.

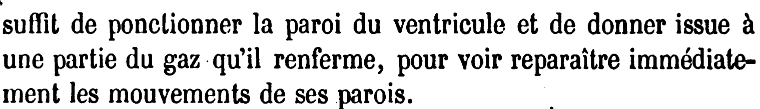
Les observations qui ont été publiées, et les succès obtenus, succès incontestables, m'ont prouvé que cette opération ne jouissait pas, même de nos jours, de la faveur qu'elle mérite. Je me suis dès lors imposé la tâche d'en faire l'histoire, et de prouver que c'est à tort qu'elle a été frappée d'un pareil discrédit.

Pour atteindre ce but, il fallait affranchir la transfusion de toutes les objections qu'elle soulève. Or, celle de l'entrée possible de l'air dans la veine où l'on injecte du sang étranger n'était pas la moins importante, il devenait indispensable d'y répondre et de déterminer, par l'expérimentation, si ce gaz, qui tue les animaux lorsqu'il pénètre dans les vaisseaux à une dose élevée, ne pourrait pas être supporté à une dose plus faible sans compromettre la vie. Mes expériences m'ont appris, comme à Nysten, que 30, 40, 50, 65 centimètres cubes d'air n'entraînaient pas la mort chez des chiens de moyenne taille : il est dès lors permis de supposer que

cette tolérance que j'ai constatée chez ces derniers doit, à plus forte raison, exister chez l'homme. Or, les instruments dont on se sert pour pratiquer la transfusion (la seringue à hydrocèle est le meilleur) offrent une trop grande perfection dans leur mode de construction et dans leur mécanisme, pour laisser jamais pénétrer dans le sang beaucoup d'air, et surtout une quantité égale à celle qui peut être supportée impunément.

Mes expériences doivent donc donner au chirurgien une sécurité parfaite et une confiance légitime, en même temps qu'elles répondent d'une manière péremptoire à une objection dont il est impossible de se dissimuler l'importance et la gravité.

Mais il est d'autres conséquences qui en découlent, et qui m'ont conduit à expliquer la mort, autrement que Nysten et Amussat. J'ai insisté avec dessein sur une particularité que l'autopsie m'a constamment révélée, et qui a vivement frappé mon attention toutes les fois que la mort a été le résultat de l'entrée de l'air dans les veines : *je veux parler de cette immobilité presque absolue que présentent les fibres musculaires du ventricule droit, alors que des mouvements fibrillaires se montrent dans les parois des cavités gauches*. Comme les deux expérimentateurs dont je viens de citer les noms, j'ai vu que le cœur pulmonaire était parfaitement distendu, mais je n'ai trouvé le défaut de contractilité des fibres musculaires du cœur que dans le ventricule droit. Si ces fibres étaient simplement élastiques, je comprendrais que cette distension, portée au delà d'une certaine limite, venant à faire cesser leur élasticité, elles ne revinssent pas sur elles-mêmes, et que la mort en fût la conséquence; mais elles sont surtout contractiles, c'est-à-dire douées d'une propriété qui manifeste son action lorsque l'élasticité a été vaincue. Il faudrait donc admettre que, par suite d'une simple distension instantanée, et qui se produit sans violence, l'élasticité d'abord et la contractilité ensuite fussent vaincues à la fois. Cela m'a paru en opposition avec le mécanisme de la contraction musculaire. *J'ai pensé que l'immobilité des fibres du ventricule droit tenait à une autre cause, et que l'air, par son contact, pourrait bien avoir détruit leur contractilité, en vertu d'une action stupéfiante, d'une action sédative;* en un mot, *j'ai pensé que l'air paralysait plus ou moins complètement le ventricule droit.* Ce qui semblait autoriser cette opinion, c'est qu'il


suffit de ponctionner la paroi du ventricule et de donner issue à une partie du gaz qu'il renferme, pour voir reparaître immédiatement les mouvements de ses parois.

On dira peut-être qu'il est surprenant que l'air n'exerce cette action stupéfiante qu'à la condition que le ventricule droit soit distendu, et qu'une quantité moindre de cet agent paralysateur n'entraîne pas la mort, sans avoir préalablement produit la distension : il serait facile, en invoquant des analogies, de répondre à cette objection, si elle était formulée.

On sait, en effet, qu'administré en inhalations, le chloroforme a des effets très variables : à dose très minime, il insensibilise presque immédiatement les uns; d'autres fois, il faut en employer une quantité très considérable pour arriver à ce résultat. Certains sujets, loin d'être affaissés par cet agent, sont, au contraire, surexcités. Enfin, cela est heureusement très rare, il peut arriver que, dès les premières inhalations, la mort se produise. Il en est de même pour les substances introduites dans les voies digestives : quelques-unes, comme l'arsenic, constituent, à faible dose, des agents puissants que la thérapeutique sait utiliser; bien qu'administrées à dose plus élevée, elles déterminent l'empoisonnement ou d'autres accidents redoutables. Il en est de même de l'air : *sa présence dans l'appareil circulatoire veineux et dans les cavités droites du cœur, modifie toujours les battements de cet organe;* mais, pour que cette modification soit complète et pour que la paralysie du ventricule droit arrive, il faut que la quantité de ce gaz soit suffisamment abondante : est-il surprenant, dès lors, de voir l'immobilité due à l'action stupéfiante de l'air coïncider avec la distension des cavités droites?

J'ai donc pensé, contrairement à l'opinion de Nysten, qui est admise par un grand nombre de chirurgiens, que *l'air arrêtait les mouvements du ventricule droit, parce qu'il le paralyse.* Or, les deux ventricules étant solidaires dans leur action, il suffisait que le mécanisme de l'un fût profondément altéré pour que l'autre en reçût un contre-coup fâcheux : la conséquence fatale de ce trouble considérable dans la circulation cardiaque ne pouvait être que la mort. Cette théorie, qui n'était d'abord qu'une simple hypothèse, a-t-elle trouvé sa confirmation dans les résultats des nombreuses expériences que je viens de rapporter?

Pour vérifier si cette opinion sur le mécanisme de la mort était fondée, il fallait apprécier ce que produirait l'introduction dans les veines de chacun des éléments gazeux de l'air, mais surtout de l'oxygène et de l'azote. Or, mes expériences m'ont appris que *des animaux supportent, sans mourir, des quantités d'azote plus considérables que celles d'air qui suffisent à produire ce résultat.*

J'ai rapporté, dans la première partie de ce travail, une expérience faite sur un chien qui avait supporté sans accident 80 centimètres cubes d'azote, et qui, deux jours après, étant revenu à son état normal, avait succombé par suite de l'introduction de 75 centimètres cubes d'air.

Les membres de la commission de la Société de Chirurgie et M. le professeur Longet *ont vu mourir en une minute un chien auquel j'avais injecté en une seule fois 90 centimètres cubes d'air, tandis qu'un autre chien, dans la veine crurale duquel j'avais introduit 400 centimètres cubes d'azote en plusieurs fois, mais la première injection ayant été de 120 centimètres cubes, n'a pas succombé.*

Comment Nysten a-t-il pu admettre que si l'influence de l'azote est plus nuisible que celle de l'air, c'est que ce gaz exerce un effet sédatif sur la force vitale du cœur?

Mes expériences m'ont appris, au contraire, que *c'est à l'air et non à l'azote* qu'il fallait attribuer cette action sédative; du reste, je trouve dans les expériences de Nysten des contradictions évidentes; ainsi, il dit avoir observé : 1° que 20 centimètres cubes d'azote injectés à un petit chien et à une petite chienne du poids de trois kilogrammes ont suffi pour amener la mort; que 80 centimètres cubes, injectés par doses de 20 centimètres cubes, dans l'espace de *six minutes,* ont tué un chien du poids de sept à huit kilogrammes; que 100 centimètres cubes, injectés en quatre fois dans la veine jugulaire d'un chien de sept kilogrammes, et dans l'espace de *treize minutes,* ont produit le même résultat. 2° D'autre part, il rapporte deux expériences, dans lesquelles :

1° 60 centimètres cubes d'azote ont été injectés en quatre fois, dans l'espace de dix-huit minutes, à un chien de 5 kilogrammes sans résultat fâcheux;

2° 80 centimètres cubes ont été injectés en six fois, et dans *sept minutes,* à un animal de 6 kilogrammes sans que la mort en

ait été la conséquence. Comment ces deux dernières expériences n'ont-elles pas eu le même résultat que les précédentes, puisque les conditions étaient à peu près semblables, et que, eu égard au poids des animaux, les quantités de gaz offraient la plus grande analogie?

L'oxygène a été également toléré en quantité plus considérable que l'air, et même que l'azote. J'ai pu en introduire, sans occasionner la mort, 270, 300, 450 centimètres cubes. (Cette dernière expérience a été faite à l'École pratique devant la Commission.) L'introduction a eu lieu, il est vrai, en plusieurs fois, et dans l'espace de cinq, six, dix, treize, vingt minutes.

On objectera peut-être que l'azote et l'oxygène *sont plus solubles que l'air dans le sang,* et que dès lors il n'est pas surprenant que ce dernier produise la mort par distension à une dose où les autres semblent avoir une innocuité relative; ce serait une objection sérieuse si elle était fondée; mais l'est-elle?

J'ai cherché dans les Traités de physiologie et de chimie, des expériences faites dans le but de démontrer les différents degrés de solubilité de tous ces gaz dans le sang; mes recherches ont été complètement infructueuses.

Magnus est le seul, à ma connaissance du moins, qui ait apprécié directement la faculté d'absorption de ce liquide pour l'oxygène et l'azote. Les résultats qu'il a observés sont mentionnés dans les *Annales de Poggendorff,* n° 66, 1845, p. 77. Sans décrire la manière dont il a procédé, je me contenterai d'indiquer les conclusions auxquelles ses recherches l'ont conduit. *Le sang absorbe au minimum 10 0/0 de son volume d'oxygène, et 12,5 0/0 au maximum.* Quant à l'*azote, le chiffre minimum d'absorption est de 1,7 0/0, le maximum 3,3* (P. 197). Il en résulte que l'azote est quatre ou cinq fois moins soluble que l'oxygène.

Magnus n'a pas apprécié le degré de solubilité de l'air; mais si les lois posées par la chimie sont exactes; s'il est vrai que, lorsque les gaz sont mélangés, chacun agit comme s'il était seul, n'est-on pas autorisé à penser que l'air, étant composé d'oxygène et d'azote dans des proportions connues, *doit être moins soluble que le premier et plus soluble que le second?* Si la solubilité plus grande de l'oxygène permet de comprendre pourquoi des quantités considérables de ce gaz sont tolérées sans provoquer les accidents

qu'entraîne l'air atmosphérique, *on sera fort embarrassé pour expliquer l'innocuité relative de l'azote, qui est moins soluble. Or, en admettant que la distension mécanique du cœur droit soit la seule cause de la mort, comment les animaux résistent-ils à celle qui résulte de la présence de ce gaz, alors qu'une moindre quantité d'air les fait périr?*

Les partisans de la doctrine de Nysten objecteront encore en faveur de leur théorie *qu'il a suffi de faire une ponction à la veine sous-clavière d'un animal qui allait succomber, par l'introduction de l'air, pour le rappeler à la vie.* Ils diront que, par des pressions exercées sur les parois thoraciques, l'expérimentateur a chassé l'air contenu dans le cœur, et qu'en faisant ainsi cesser la distension, la mort a été empêchée.

Cette expérience démontre aussi bien l'action sédative de l'air sur le cœur que son action mécanique. En effet, si ce gaz, par son contact, paralyse plus ou moins complètement la fibre musculaire, il est bien évident qu'en en diminuant la quantité, par une ponction qui lui permet de s'échapper au-dehors, on doit amoindrir ses effets fâcheux.

Qu'on me permette une comparaison, pour bien faire comprendre ma pensée. L'air agit sur le cœur, comme le chloroforme sur la peau. Lorsqu'on veut provoquer l'anesthésie locale de cette membrane, on la met en contact avec des vapeurs de chloroforme, et ce n'est qu'après un contact suffisant que la sensibilité disparaît. Que faut-il pour qu'elle reparaisse? Faire cesser le contact. La même chose a lieu pour l'air; il paralyse l'action musculaire du ventricule droit. Que faut-il pour que la paralysie cesse? Donner une issue quelconque au gaz qui la détermine.

Mais une autre objection se présente.

Je viens de dire qu'il est reconnu en chimie *que lorsque plusieurs gaz sont à l'état de mélange et non de combinaison, chacun conserve son action propre, et se comporte comme s'il était seul.* Or, on dira qu'il est difficile d'admettre que chacun de ces gaz étant à une certaine dose, sans action funeste, réunis, ils puissent, à une dose moindre, avoir une action délétère.

A cette objection, je répondrai :

1° Que les faits sont plus forts que tous les raisonnements et que toutes les théories; et, qu'à moins d'avoir été victime d'une

illusion qui serait bien étrange, dans l'appréciation d'expériences qui ont été répétées *pendant une année,* et dont le nombre s'élève à deux cents environ, je me crois autorisé à affirmer que ces expériences sont parfaitement exactes. Je dois ajouter que tous ces faits offrent aujourd'ui une authenticité définitive, puisqu'ils ont été contrôlés par des savants et des physiologistes dont l'autorité est universellement reconnue;

2° Que sans altérer en rien les théories de la chimie sur les gaz mélangés, il ne répugne nullement à la raison d'admettre, que si des gaz ne produisent pas de résultats fâcheux sur l'organisme, lorsqu'ils sont introduits séparément, chacun d'eux ayant une action spéciale, *la résultante de toutes ces actions diverses combinées, puisse être la mort;*

3° Qu'il existe peut-être, dans l'air, outre les principes que l'analyse a reconnus, d'autres principes qui lui ont encore échappé, et qui venant ajouter leur action à celle de chacun des éléments déjà connus, modifient les résultats que donnent ces derniers. *Il est bien entendu que c'est là une simple réflexion qui ne repose sur aucun fait précis.*

Je conclus de toute la discussion précédente :

1° Que si l'air peut être toléré sans inconvénient par l'organisme, à une certaine dose, il tue fatalement s'il est introduit en grande quantité;

2° Que l'azote et l'oxygène peuvent au contraire être supportés à des doses plus fortes que l'air sans occasionner la mort;

3° Que la théorie qui attribue cette terminaison fatale à la seule distension des cavités droites du cœur ne saurait être admise, et que l'air semble exercer une action sédative sur la fibre musculaire, qui a pour conséquence de la paralyser plus ou moins.

Je crois avoir démontré que l'opinion de Nysten n'est pas fondée. En est-il de même de celle d'Amussat qui attribue la mort à l'interruption de la circulation pulmonaire?

J'espère prouver bientôt qu'elle est encore moins fondée que celle de Nysten.

§ III.

Les conclusions que je viens de formuler pourraient avoir quelque intérêt au point de vue expérimental, mais n'auraient qu'une valeur secondaire s'il n'en découlait pas une application à la chirurgie.

Lorsqu'un physiologiste cherche, à l'aide des vivisections, à déterminer les fonctions encore inconnues d'un organe, il ne doit se préoccuper que d'atteindre son but, sans songer aux applications qu'il pourra faire à la pathologie; mais dans une question de la nature de celle qui fait l'objet de ce travail, le sentiment de la curiosité serait seul satisfait, si la théorie qui résulte de mes expériences ne m'avait pas conduit à trouver un moyen de combattre la mort occasionnée par l'introduction de l'air dans les veines; du reste, le raisonnement m'y conduisait tout naturellement. Il est, en effet, facile de se convaincre, en lisant avec attention tout ce qui précède, que l'explication que j'ai donnée de la mort par la présence de l'air dans les vaisseaux a été le résultat de cette première observation qui a échappé à Nysten et à Amussat : *L'immobilité presque complète des fibres musculaires du ventricule droit.* Ainsi que je l'ai établi plus haut, cette immobilité ne pouvait dépendre que de l'une ou de l'autre de ces deux causes : 1° de la distension mécanique des cavités droites; 2° d'une action sédative sur les fibres musculaires amenant une paralysie plus ou moins complète de ces fibres.

J'ai démontré que la distension mécanique ne pouvait être admise comme *seule cause.*

J'étais dès lors amené à accepter la seconde explication. Or, l'air occasionnant une paralysie plus ou moins complète des fibres du ventricule droit, *il était logique de penser que si j'opposais à son action paralysante une force stimulante, excitatrice, suffisante, je pourrais peut-être la neutraliser, et par suite empêcher les animaux de succomber.* Le raisonnement me conduisait donc à rechercher quelle pouvait être cette force, et après l'avoir trouvée, à en tenter l'application.

Je dois l'avouer, *les courants électriques se sont immédiatement*

présentés à ma pensée; mais comment employer l'électricité? La position anatomique du cœur ne permettant pas de songer à l'appliquer immédiatement sur lui, je me suis décidé à agir par l'intermédiaire des nerfs qui se rendent à cet organe.

Le cœur reçoit des nerfs qui proviennent du pneumo-gastrique et du grand sympathique; c'est sur le premier que j'ai dirigé les courants.

Première expérience. — Sur un chien de chasse de taille moyenne, j'ai mis le nerf pneumo-gastrique droit à découvert. Après l'avoir séparé de la veine jugulaire interne et de la carotide vers le milieu de la région cervicale, je l'ai soulevé en plaçant au dessous de lui une petite plaque de bois entourée d'un manchon de caoutchouc. Alors, par la veine crurale droite, j'ai injecté d'un seul coup de piston 50 centimètres cubes d'air, dose insuffisante pour amener la mort. A ce moment, j'ai dit à mon aide de faire passer des courants à intermittences rapides à l'aide de l'appareil de Legendre et Morin. L'animal a été pris de mouvements violents, de déglutition, d'efforts de vomissements. Une minute après l'introduction des 50 centimètres cubes, j'ai poussé lentement, mais d'une manière à peu près continue, 85 centimètres cubes; ce qui portait à 135 centimètres cubes la quantité d'air introduite dans ces vaisseaux, et cela dans l'espace de deux minutes.

Pendant que l'air pénétrait, les courants étaient dirigés sur le nerf. Bientôt des vomissements se sont manifestés en même temps que des mouvements de dilatation de la poitrine. J'ai alors détaché l'animal, qui est tombé dans un profond affaissement; la respiration est devenue très lente, les pulsations artérielles ont offert le même caractère avec une intermittence des plus marquées. Mais à part ces phénomènes, rien n'indiquait qu'une terminaison fatale fût à redouter. Le même jour, le chien a refusé toute nourriture; le lendemain, il a pris un peu de lait qu'il n'a pas vomi, et à partir de ce moment son état a toujours été en s'améliorant.

Quatre jours après cette expérience, le chien avait repris ses allures habituelles; le pouls n'offrait plus aucune irrégularité, la respiration était parfaitement normale, la digestion ne présentait aucun trouble. Je me décidai alors à faire sur lui une nouvelle expérience. Je mis le pneumo-gastrique à découvert, et j'injectai par la veine crurale gauche, et d'un seul

coup de piston, 60 centimètres cubes d'air. A ce moment, je priai mon aide de soumettre le nerf aux excitations électriques. Pendant le passage des courants, je continuai à faire pénétrer ce gaz jusqu'à la dose de 90 centimètres cubes; les phénomènes observés dans la première expérience ne tardèrent pas à se montrer, mais l'animal ne mourut pas, se rétablit même, et quelques jours après il m'a servi pour une autre expérience.

En comparant la quantité d'air introduite dans les veines de ce chien (135 centimètres cubes dans une première expérience et 90 dans la seconde) avec celle qui, dans les expériences rapportées précédemment, ont occasionné la mort, j'eus tout lieu de penser que *si l'animal n'avait pas été soumis à l'action des courants dirigés sur le pneumo-gastrique, il aurait infailliblement succombé.* Néanmoins, tout en tenant compte de ce résultat qui me parut digne d'un grand intérêt, je ne me hâtai pas de porter un jugement définitif sur l'efficacité de ce moyen, et je crus devoir le soumettre à de nouvelles investigations.

Deuxième expérience. — Après avoir mis, comme dans l'expérience précédente, le nerf pneumo-gastrique gauche à découvert et l'avoir disposé de la même façon, j'ai injecté d'un seul coup de piston 70 centimètres cubes d'air, à un chien d'une taille un peu au dessus de la moyenne. A ce moment, le nerf a été soumis aux excitations électriques pendant une minute. J'ai fait alors pénétrer de nouveau 50 centimètres cubes, ce qui a porté à 120 centimètres cubes la quantité d'air introduite, et les courants ont été continués. Sous leur influence, l'animal a été pris d'efforts, de vomissements, de mouvements d'expansion du thorax, et d'une agitation générale. Je l'ai immédiatement détaché, et j'ai constaté que la marche était difficile et vacillante comme pendant l'ivresse, la respiration notablement gênée et irrégulière, le pouls très lent et intermittent; la sensibilité m'a paru notablement diminuée partout, *car j'ai pu pincer et piquer les différents points du corps, sans que l'animal manifestât aucun signe de souffrance.* Une heure après, la respiration avait repris sa régularité, les intermittences du pouls avaient cessé, et à part l'abattement et la tristesse, l'animal ne présentait rien de particulier. Il refusa d'abord toute nourriture; mais dès le lendemain, les fonctions digestives purent s'exécuter d'une manière convenable.

Quatre jours après, le chien était revenu à son état normal.

Je fis alors une contre-expérience pour lever toute incertitude sur l'action des courants. Sur ce même animal, je mis la veine crurale droite à découvert, et j'injectai d'un seul coup de piston et lentement 75 centimètres cubes d'air; la respiration s'accéléra d'abord, les battements du cœur devinrent très précipités, et après deux minutes, des mouvements tétaniques se manifestèrent dans les membres; la tête se renversa en arrière sur le tronc; il y eut relâchement des sphincters, et l'animal mourut.

L'autopsie révéla les particularités déjà indiquées.

La première de ces expériences m'autorisait à penser que j'avais trouvé le moyen à opposer à l'action funeste de l'air. Celle-ci ne pouvait me laisser de doute. En effet, 120 centimètres cubes d'air introduits par la veine crurale n'ayant pas occasionné la mort, alors que le pneumo-gastrique avait été soumis à l'action des courants, et cette terminaison fatale ayant été la conséquence de l'introduction de 75 centimètres cubes injectés seuls, ne devenait-il pas évident que dans le premier cas l'électricité avait empêché ce dernier résultat de se manifester?

Donc, l'électrisation du pneumo-gastrique suffit pour empêcher la mort qui résulte de l'introduction de l'air dans les veines.

L'importance de ce résultat ne saurait passer inaperçue. Personne n'ignore que l'introduction de l'air dans les veines constitue un des accidents les plus redoutables de la chirurgie. On sait que, quelle que soit l'habileté du chirurgien, la mort peut arriver avant qu'il ait terminé certaines opérations pratiquées, soit dans le creux de l'aisselle, soit sur le cou, lorsque cette complication terrible vient à se montrer; les faits cliniques ne le prouvent que trop. Dans son ouvrage déjà cité, Amussat a rapporté avec détails tous les cas connus dans lesquels l'autopsie a démontré la pénétration de l'air. Or, il résulte de ces faits, que Dupuytren, Bouley, Mirault d'Angers, etc., etc., n'ont pu sauver les malades chez lesquels cet accident s'est produit. On sait également que tous les moyens proposés pour le combattre ont été jusqu'à ce jour infructueux, et que dès lors donner au chirurgien un procédé qui, résultant d'expériences faites sur les animaux, lui permettra d'opérer avec sécurité, c'est, on ne saurait le contester, une application extrêmement utile de la physiologie expérimentale.

On objectera peut-être que la mise à nu du pneumo-gastrique, son isolement, son électrisation, constituent déjà une opération difficile, et que le malade, au lieu d'une, en aura deux à supporter.

On dira même que, quand le chirurgien opère sur le cou, il peut avoir des raisons pour n'avoir pas à redouter cet accident, et que si malheureusement il se produit, il n'aura pas le temps, avant que la mort s'ensuive, de mettre le nerf à découvert.

A cette double objection, je répondrai d'abord : qu'il vaut mieux faire subir à un malade une double opération, que de le laisser mourir, pour n'avoir voulu lui en pratiquer qu'une; en second lieu, que toutes les opérations pratiquées sur le cou ne doivent pas au même degré faire redouter cette complication. En effet, si le chirurgien est physiologiste, il se rappellera que l'influence de la respiration sur la circulation veineuse du cou ne s'exerce plus à partir d'une certaine limite, et que dès lors toute opération pratiquée au dessus de la région cervicale moyenne ne peut plus entraîner la pénétration de l'air. En outre, les notions anatomiques apprennent que cette action de la poitrine n'agit que par suite des adhérences des veines profondes avec les aponévroses et les gaînes celluleuses, adhérences qui les empêchent de s'affaisser sous la pression atmosphérique; il est facile dès lors de conclure que, dans les opérations où le chirurgien n'aura qu'à sectionner des veines tout à fait superficielles, l'entrée de l'air ne sera pas autant à redouter.

Mais dans les cas graves, où l'on aura à enlever dans la région sus-claviculaire, par exemple, une tumeur volumineuse profondément placée, et dont il est difficile, souvent impossible, de déterminer les rapports, le chirurgien ne devrait pas hésiter un seul instant de recourir à ce moyen, qui lui donnerait toute liberté d'action, et le mettrait en garde contre la mort qui, dans ce cas, est toujours menaçante.

En laissant la question au point où je l'ai faite arriver, l'hésitation ne saurait être permise; mais je le reconnais, il faut toujours simplifier autant que possible les procédés opératoires, afin de les rendre d'une exécution facile.

C'est dans ce but que j'ai fait de nouvelles expériences qui

m'ont conduit à des résultats nouveaux, et qui simplifient singulièrement l'application des courants électriques.

Première expérience. — Sur un jeune chien dont la taille était au dessous de la moyenne, j'ai mis le pneumo-gastrique gauche à découvert, et j'ai alors fait pénétrer par la veine crurale du même côté, 35 centimètres cubes, d'un seul coup de piston. Une minute après, j'ai de nouveau introduit 25 centimètres cubes. 45 centimètres cubes avaient été injectés lorsqu'on a fait passer des courants dans le nerf. L'animal a été alors détaché. Son affaissement est devenu extrême, mais la mort n'est pas arrivée. Une heure après, je n'ai observé rien de particulier, si ce n'est de l'irrégularité et de la lenteur dans le pouls.

Deuxième expérience. — Trois jours après, le même chien ayant repris ses allures habituelles, j'ai de nouveau expérimenté sur lui. Je n'étais pas sûr que la mort eût été empêchée par les courants, dans l'expérience précédente, car la dose de 60 centimètres cubes pouvait n'avoir pas été suffisante pour l'occasionner; aussi, me plaçant dans les mêmes conditions, j'injectai d'abord 35 centimètres cubes d'air, puis une minute après 25. L'animal ne mourut pas. J'attendis huit minutes, et il devint évident pour moi qu'il résisterait. Après cela, au lieu de mettre le nerf pneumogastrique droit complètement à découvert, je me contentai d'arriver sur la gaîne qui le renferme avec la carotide et la jugulaire interne; je poussai alors par la veine crurale droite 35 centimètres cubes, ce qui portait à 95 centimètres cubes la quantité d'air introduite en dix minutes.

A ce moment, je fis appliquer un des conducteurs sur la gaîne et l'autre dans le fond d'une incision pratiquée à la paroi thoracique. Des mouvements violents de dilatation se manifestèrent, et l'animal ne mourut pas.

Troisième expérience. — L'objection faite contre la première expérience pouvait se présenter pour celle-ci. Un intervalle de huit minutes s'étant écoulé entre la deuxième injection de 25 centimètres cubes et la troisième de 35 centimètres cubes, j'étais autorisé à me demander si c'était bien l'action des courants qui avait empêché la mort; il devenait donc nécessaire de répéter, *sans les employer,* la même expérience. C'est ce que j'ai fait trois jours après sur le même animal. J'ai pu me convaincre alors

qu'une injection de 35 centimètres cubes, suivis une minute après d'une nouvelle de 25 centimètres cubes, et huit minutes après d'une autre de 35 centimètres cubes, ne tuait pas l'animal. J'en ai poussé une quatrième de 35 centimètres cubes, cinq minutes après la dernière; il en résulte que, dans l'espace d'un quart d'heure, l'animal a reçu 130 centimètres cubes d'air. Au moment où la dernière injection finissait de pénétrer, j'ai fait appliquer l'un des conducteurs de l'appareil dans le fond de la plaie du cou, pratiquée pour mettre le pneumo-gastrique à découvert trois jours avant, l'autre sur les parois de la poitrine. Des mouvements violents des muscles des parois thoraciques et du cou se sont montrés, et l'animal a survécu.

Quatrième expérience. — Six jours après cette expérience, le même chien est revenu à son état le plus normal. Toutes les plaies sont presque entièrement cicatrisées. C'est alors que j'ai voulu tenter une expérience comparative, dont il sera facile d'apprécier toutes les conséquences.

Me mettant de nouveau dans les conditions de la précédente expérience, j'ai injecté 130 centimètres cubes en quatre fois par doses de 35 centimètres cubes, de 20, puis de 35, et enfin de 35, laissant entre la première et la deuxième une minute, entre la deuxième et la troisième huit minutes, entre la troisième et la quatrième cinq minutes. *Je me suis abstenu d'employer les courants. Cinq minutes après la dernière injection, l'animal a succombé.*

L'autopsie a révélé toutes les particularités déjà signalées.

EXPÉRIENCES

faites devant M. le professeur Longet et les membres de la Commission de la Société de Chirurgie.

Après avoir tué en *une minute* un chien de chasse, en lui injectant d'un seul coup de piston *90 centimètres cubes d'air,* j'ai fait pénétrer *140 centimètres cubes d'air* dans la veine crurale d'un chien à peu près semblable au premier. Bientôt les phénomènes annonçant la mort se sont manifestés : mouvements tétaniques et convulsifs, renversement de la tête, émission des urines et des matières fécales. A ce moment, je priai M. Follin de faire passer les courants, en plaçant un des conducteurs sur le cou

et l'autre sur la poitrine; la dilatation des parois s'ensuivit, et l'animal ne mourut pas, au grand étonnement de tous ceux qui avaient vu périr si rapidement le premier chien, *avec une dose d'air infiniment moindre.*

Ces expériences ne peuvent donc laisser aucun doute sur l'efficacité des courants électriques, pour combattre les accidents occasionnés par l'entrée de l'air dans les veines; mais elles montrent en même temps que si, *dirigés sur le tronc même du nerf, ils suffisent pour s'opposer à un résultat fatal, ils agissent avec autant d'efficacité, lorsqu'on applique un des conducteurs sur la gaine qui le renferme ou dans son voisinage, et l'autre sur les parois de la poitrine.* Il en résulte que le moyen se trouve singulièrement simplifié, et que le chirurgien, mis en présence de cette terrible complication, pourra éviter facilement la mort en procédant comme je viens de le dire.

On dira peut-être que les conditions expérimentales dans lesquelles j'ai apprécié l'heureuse influence des courants électriques pour combattre les accidents produits par l'entrée de l'air dans les veines, ne sont pas semblables à celles où se trouve l'homme pendant les opérations chirurgicales, et que, dès lors, je ne suis pas autorisé à conclure qu'ils agiront chez ce dernier d'une manière aussi efficace. La réponse à cette objection se trouve dans les deux expériences suivantes :

Première expérience. — Sur un chien de taille moyenne, j'ai mis la veine jugulaire externe à découvert au-dessus de la clavicule, et je l'ai isolée, avec soin, de toutes les parties environnantes. Après avoir bien constaté l'existence du pouls veineux dans ce vaisseau, j'ai placé un fil autour, afin de pouvoir le soulever facilement et pratiquer une ligature en temps opportun. Ces précautions une fois prises, j'ai fait une large ouverture à la paroi, et presque aussitôt, j'ai entendu le bruit particulier indiquant que l'air entrait dans les veines. *L'oreille appliquée sur la paroi thoracique m'a permis de constater le mélange de l'air avec le sang du cœur droit.* Bientôt, l'animal a été pris de mouvements convulsifs; des matières fécales ont commencé à sortir, ainsi que les urines (c'est ordinairement le signe qui indique que la mort est prochaine). J'ai continué l'expérience en laissant toujours pénétrer l'air; ce n'est qu'après vingt-six minutes, c'est à dire au moment

où la respiration paraissait presque interrompue, alors que le globe de l'œil était convulsé, que la dilatation des pupilles était extrême, et que, touchant le globe oculaire avec un stylet, les paupières restaient presque immobiles, *que j'ai commencé à faire passer des courants,* ainsi que je l'ai indiqué précédemment. Aussitôt de grandes inspirations se sont montrées, et les mouvements des parois thoraciques ont reparu. J'ai continué pendant trois minutes l'application des courants, et l'animal, qui était voué à une mort certaine, est revenu à la vie. Il est resté pendant près d'une demi-heure dans un état d'affaissement profond; mais tandis qu'avant l'emploi des courants, il existait chez lui une résolution musculaire complète des membres et du cou, il a pu se relever sur ses quatre pattes et faire quelques pas. Lorsque je l'ai laissé, une heure après l'expérience, la respiration paraissait toujours gênée, mais enfin il n'était pas mort. Deux heures plus tard, je l'ai revu, et tout faisait présumer que la mort n'arriverait pas.

Deuxième expérience. — Deux jours après l'expérience précédente, le chien était parfaitement remis, quoiqu'un peu faible, de l'épreuve à laquelle je l'avais soumis. J'ai recommencé sur lui une seconde tentative plus concluante encore s'il est possible, et qui a été, comme la première fois, suivie d'un plein succès.

J'ai mis la veine jugulaire externe gauche à découvert au-dessus de la clavicule; je l'ai isolée avec le plus grand soin des parties voisines, et j'ai placé autour d'elle deux ligatures : l'une du côté de la tête, l'autre du côté du cœur. Après avoir serré fortement la première pour interrompre la circulation de retour, j'ai coupé la veine entre elle et la deuxième, *et j'ai introduit un tube en terre ayant de 4 à 5 centimètres de longueur et dirigé du côté du cœur.* Après cela, j'ai lié fortement la paroi de la veine sur ce tube; le vaisseau ne pouvait plus subir l'influence de la pression atmosphérique, car la présence du tube devait maintenir toujours ses parois écartées. L'air est entré avec une extrême facilité à chaque inspiration; bientôt, l'auscultation en a révélé la présence dans le cœur. Les symptômes observés dans la précédente expérience n'ont pas tardé à se montrer. Après quinze minutes, j'ai pu constater l'émission des urines et des matières. *A moins d'être mort, l'animal ne pouvait être ni plus insensible ni plus immobile;* la muqueuse de la bouche et de la langue

était complètement bleuâtre, les pupilles, très dilatées, étaient insensibles à la lumière, les parois thoraciques semblaient frappées de paralysies ; et à part quelques mouvements des parois abdominales, tout semblait indiquer que le chien avait cessé de vivre. C'est dans ces conditions extrêmes que j'ai commencé l'emploi des courants, en appliquant l'un des conducteurs sur la paroi thoracique, l'autre sur la région cervicale. La dilatation des parois en a été la conséquence. J'ai fait en sorte que cette dilatation fût aussi soutenue et aussi étendue que possible; et après cinq minutes, l'animal était revenu. Deux jours après l'expérience, il vivait encore.

L'efficacité des courants électriques, comme moyen de combattre les accidents occasionnés par l'entrée de l'air dans les veines, me paraît suffisamment démontrée par les expériences qui précèdent. C'est là un fait incontestable, et dont il serait difficile de ne pas apprécier toute l'importance.

Mais une question se présente.

Comment agit l'électricité?

Les expériences par lesquelles Amussat a cherché à démontrer le mécanisme de l'introduction de l'air dans les veine me serviront à la résoudre.

D'après cet habile chirurgien, c'est *le jeu de la poitrine seul qui détermine l'aspiration de l'air*. Cette opinion repose sur les faits suivants :

Première expérience. — Sur un jeune chien, on met à découvert la jugulaire droite à un pouce de la poitrine; on la pique, et un bruit de lapement très fort se fait entendre. *A ce moment, on met à découvert le côté droit du thorax. Tant que cette ouverture est restée béante, l'air ne s'est pas introduit dans la veine; mais dès qu'on l'a fermée, le phénomène a recommencé.*

Deuxième expérience. — Introduction spontanée de l'air par une ouverture faite à la partie inférieure de la veine jugulaire droite d'un chien. *Ouverture du côté droit de la poitrine. Tant qu'elle est béante, l'air n'entre pas dans la veine; mais dès qu'on la ferme, il s'introduit avec un bruit de lapement.*

Ces expériences ont conduit Amussat à penser que l'adhérence des veines à leurs gaines celluleuses, disposition signalée pour la première fois, indiquée par Bérard aîné, le flux et le reflux du

sang par le jeu de la respiration, sont les seules causes de l'introduction spontanée de l'air dans les veines blessées, près de la partie supérieure de la poitrine.

Les conditions, pour que le phénomène se produise, sont :

1° Que la veine ouverte soit béante dans un point de son étendue où a lieu le reflux du sang;

2° Que le mouvement d'aspiration ait lieu;

3° Plus l'inspiration sera forte, et plus le phénomène de l'introduction de l'air sera marqué. (*Loc. cit.*, p. 228.)

C'est donc la dilatation de la poitrine pendant l'inspiration qui détermine l'entrée de l'air; mais on sait aussi que c'est une des principales causes de la circulation veineuse qui doit exercer son action sur le sang contenu dans l'artère pulmonaire, comme sur celui des veines qui avoisinent le thorax. Or, en *provoquant à l'aide des courants une dilatation forcée, exagérée des parois, et en multipliant leurs mouvements, l'air qui est contenu dans le cœur doit être aspiré, comme cela arrive pour l'air extérieur, lorsqu'on ouvre la jugulaire ou la sous-clavière.* Il me paraît impossible d'expliquer autrement ce mécanisme. En effet, le ventricule droit étant distendu, les valvules tricuspides doivent fermer l'orifice auriculo-ventriculaire, et par suite l'air n'a d'autre issue que l'artère pulmonaire.

Ce dernier fait est, selon moi, *l'argument le plus sérieux contre l'opinion d'Amussat, qui pense que ce gaz ne tue, qu'en interrompant la circulation pulmonaire, par suite de la pression qu'il exerce dans les vaisseaux capillaires des poumons.* Raisonner ainsi, c'est faire une fausse application des lois de la capillarité physique aux vaisseaux capillaires, et oublier que ces derniers n'ont de commun, avec les premiers, que leur petit diamètre. Est-il possible de conclure de ce qui se passe dans les uns à ce qui doit se passer dans les autres? Lorsqu'on examine la différence des parois et lorsqu'on songe surtout que c'est par eux que se fait cette absorption si rapide qui concourt puissamment à la nutrition; que c'est par eux, enfin, que se fait, *à chaque instant,* cet échange si considérable entre les gaz de l'intérieur et les gaz du sang pendant la respiration.

Si la pression exercée par le mélange des gaz et du sang dans les vaisseaux capillaires, était la véritable cause de la mort, com-

ment l'aspiration exercée par les parois thoraciques se dilatant d'une manière plus rapide et plus ample par l'action des courants, venant ajouter ainsi à l'air qui s'est introduit dans les poumons, celui dont elle débarrasse le cœur, ne déterminerait-elle pas plus rapidement encore ce résultat fatal?... En second lieu, pourquoi l'azote n'occasionnerait-il pas le même résultat, puisqu'il est moins soluble que l'air?... Loin de là, nous avons vu que, grâce à l'emploi de ce moyen, les animaux reviennent à la vie.

Les courants dirigés sur le tronc même des nerfs exercent-ils une action sur les mouvements du cœur?

Je n'oserais pas l'affirmer. Il règne sur ce point de la physiologie du cœur trop d'obscurité, et le système nerveux de cet organe est trop complexe, pour que je me croie autorisé à penser que l'excitation du pneumo-gastrique puisse déterminer des contractions par l'intermédiaire des rameaux cardiaques qu'il fournit. *Je crois plutôt que, dans ce cas, l'électricité agit sur les poumons, dont la sensibilité particulière, mise en jeu, détermine par action reflexe la dilatation extrême des parois thoraciques.*

CONCLUSIONS.

1° C'est en étudiant la transfusion du sang que j'ai été conduit à apprécier l'influence de l'entrée de l'air dans les veines.

2° L'air, en entrant dans ces vaisseaux, exerce sur l'économie une action qui diffère suivant la quantité qui y pénètre. Si l'animal est d'une taille moyenne (chien), et que la dose ne dépasse pas 50 centimètres cubes, elle sera supportée sans déterminer d'accidents. Cette complication ne sera donc pas à redouter pendant la transfusion, car la seringue à injection qu'on emploie pour la pratiquer, est trop parfaite dans son mécanisme, pour permettre jamais à une aussi grande quantité d'air de pénétrer dans l'appareil vasculaire. Si la dose s'élève, au contraire, au-dessus de 60, 80, 100 et 120 centimètres cubes, elle entraînera la mort après deux ou trois minutes.

3° L'air, en entrant dans les veines, occasionne *la distension* des cavités droites et *frappe d'immobilité les fibres musculaires des parois du ventricule droit;* les contractions persistent, au contraire, quoique affaiblies, dans les parois des cavités gauches et

un peu dans l'oreillette droite, malgré la distension de cette dernière.

4° La distension du cœur pulmonaire et l'interruption de la circulation pulmonaire *ne sont pas les seules causes de la mort,* ainsi que le pensent Nysten, Amussat, et avec eux la plupart des physiologistes et des chirurgiens.

5° La preuve de cette proportion se trouve dans les résultats d'expériences faites avec l'azote, l'oxygène, l'hydrogène et l'acide carbonique; ces gaz peuvent, en effet, être introduits dans les veines, en quantité égale et même supérieure à celle de l'air qui tue les animaux, sans amener la mort. Or, tout en tenant compte de leur degré de solubilité dans le sang, sur lequel on n'est pas suffisamment fixé, mes expériences m'autorisent à penser qu'ils doivent distendre le cœur; donc, la distension ne suffit pas pour expliquer la terminaison fatale déjà signalée. Je dois faire remarquer que les expériences de Magnus prouvent que l'azote est moins soluble que l'air.

6° Je pense *que l'air a une action sédative sur la fibre musculaire du cœur qui détermine la paralysie plus ou moins complète du ventricule droit.* La solidarité qui existe entre les diverses parties de l'organe central de la circulation explique comment le trouble apporté dans le mécanisme de l'une exerce un contre-coup fâcheux sur les autres.

7° L'action sédative, paralysante de l'air étant admise, le raisonnement me conduisait à penser qu'en lui opposant une stimulation énergique, locale ou générale, je pourrais empêcher les conséquences funestes que détermine la présence de ce gaz.

8° L'excitation des pneumo-gastriques, vers la partie moyenne du cou, à l'aide des courants électriques, empêche la mort.

9° Des expériences nombreuses m'ont appris, en outre, qu'on peut arriver au même résultat sans électriser directement le tronc même du nerf; mais, en plaçant un des conducteurs sur la gaîne qui le renferme, dans son voisinage ou même dans la bouche de l'animal, et l'autre dans une plaie faite à la paroi thoracique.

10° Cette manière de procéder détermine une dilatation des parois thoraciques qui entraîne la dilatation des poumons. Or, si l'inspiration suffit, pour attirer dans le cœur l'air atmosphérique, par une ouverture faite à une des veines profondes du cou ou de

l'aisselle, il est rationnel d'admettre que la dilatation forcée des parois, et, par suite, des poumons, par l'action des courants, permet à ces organes de débarrasser le cœur d'une partie de l'air qu'il renferme; qu'enfin, ils agissent comme une pompe aspirante.

11° L'emploi des courants empêchant la mort, occasionnée par l'entrée de l'air dans les veines, et affranchissant le chirurgien de la préoccupation inséparable de certaines opérations pratiquées sur le cou ou dans l'aisselle, me semble un résultat heureux et tout à fait inattendu fourni par la physiologie expérimentale. C'est la première fois que cette application de l'électricité a été signalée.

